E 2039

1953

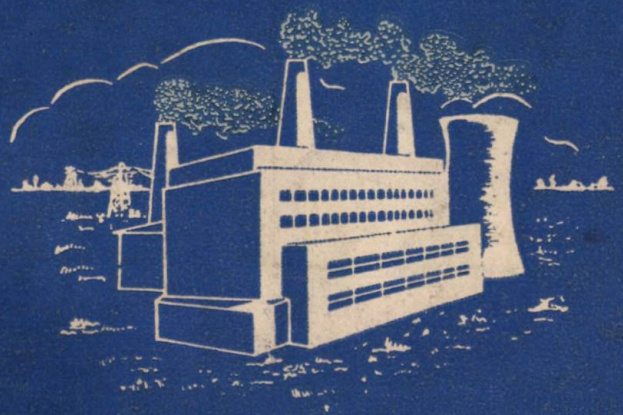
ОБМЕН - ECHANGE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА

KAT

12

1613

Energetica



1-2

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

2955

PENTRU UZ INTERN

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Ian.-Febr. 1953 ★ Nr. 1-2 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

Cuvânt înainte 1

ENERGETICA GENERALĂ

I. Saphier, conf. ing.: Energetica socialistă . . . 3

HIDROENERGETICA

D. Pavel, prof. ing., laureat al Premiului de Stat: Importanţa uzinelor fluviale pentru electrificare şi alte folosinţe 7

TERMOENERGETICA

I. D. Stăncescu, conf. ing.: Termoficarea 11

S. Bainglass, conf. dr.: Resurse energetice secundare în industrie 22

ELECTROENERGETICA

Gleb Drăgan, ing.: Câteva aspecte ale tehnicei sovietice în construcţia liniilor electrice de transport 27

A. Bensimon, ing: Determinarea efectelor periculoase ale inducţiei electrostatice între liniile de funcţiuni diferite funcţionând pe stâlpi comuni 40

S. Săndulescu, ing.: Metodă grafică pentru calculul stabilităţii statice 45

PROBLEME TEHNICO-ECONOMICE

L. Marcovici, ing.: Indicii tehnico-economici în industria energiei electrice 53

CRONICA

* * *: Premiul de Stat, stimulent puternic în munca de creaţie 61

Electrificarea agriculturii în U.R.S.S. 62

RECENZII 63

REVISTA REVISTELOR 66

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 1

ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

И. Сафир, конф. инж.: Социалистическая энергетика 3

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Д. Павел, проф. инж., лауреат Государственной Премии: Значение речных станций для электрификации и других нужд 7

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

И. Д. Станческу, конф. инж.: Теплофикация . . 1

С. Байнгласс, конф. др.: Вторичные энергетические рессурсы в промышленности 22

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Глеб Драган, инж.: Некот рые виды советской техники по сооружению линий электропередачи 27

А. Бенсимон, инж.: Определение опасного действия электростатической индукции между линиями различного назначения, проложенными на общих опорах 40

С. Сандулеску, инж: Графический метод рассчета статической устойчивости 45

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Л. Марковичь, инж.: Технико-экономические показатели в электро-энергетической промышленности 53

ХРОНИКА

* * *: Лауреаты Государственной Премии. . . 61

Электрификация сельского хозяйства в СССР . . 62

РЕЦЕНЗИИ 63

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ 66

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

Országos Műszaki Könyvtár
TULAJDONI

CUVÂNT INAINTE

Revista „ENERGETICA" își începe apariția în epoca măreților construcții ale comunismului din Uniunea Sovietică, în epoca nimunatelor realizări energetice din țara noastră, în zilele în care întreaga clasă muncitoare își încordează puterile pentru a realiza cincinalul în patru ani.

Industria, tehnica și știința se desvoltă în patria noastră într'un ritm și cu o amploare necunoscute încă. Această desvoltare presupune însă asigurarea din timp a bazei energetice corespunzătoare; de aci rezultă sarcina de a lărgi și adânci preocupările energetice. Un mijloc important în realizarea acestui scop îl constitue desvoltarea corespunzătoare a literaturii de specialitate, care, dat fiind amploarea și diversitatea problemelor, cere un cadru propriu, specific energeticii.

Revista „ELECTRICITATEA", în cadrul căreia s'au publicat în anii 1950, 1951 și 1952, articole din cele două sectoare principale: energetic și electrotehnic, nu mai corespundea noilor condițiuni de desvoltare, astfel încât, începând din 1953, revista „Electricitatea" și-a încetat apariția, iar în locul ei apar două reviste: „ENERGETICA" și „ELECTROTEHNICA". Aceste două reviste lunare sunt organe ale Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor (A. S. I. T.) și ale Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, și sunt editate de Editura Energetica de Stat.

Revista „Energetica" va contribui la formarea unei concepții energetice juste, având la bază concepția energetică și experiența sovietică, pentru rezolvarea în cele mai bune condiții a probelemelor energetice specifice țării noastre.

In coloanele revistei „Energetica" se vor trata toate temele și problemele privitoare la bazele energeticei socialiste, precum și problemele de energetică generală, cum sunt cele privind necesitățile de energie, sursele de energie, balanța energetică și politica energetică. Totdeodată, se vor adânci preocupările fiecărei ramuri energetice, planul tematic al revistei cuprinzând în principalele sale capitole (hidro, termo și electroenergetică), toate problemele specifice fiecărui sector în parte.

Astfel, în materie de hidroenergetică, revista se va ocupa de amenajarea integrală a cursurilor de apă, de rolul energetic al lacurilor de acumulare, de problema amenajării de centrale hidroelectrice de diferite tipuri și mărimi, inclusiv microcentrale rurale.

In termoenergetică, vor fi deasemenea tratate problemele principale, legate de: caracteristicele energetice ale combustibililor noștri, valorificarea resurselor energetice secundare în industrie, producerea combinată de energie electrică și căldură (termoficare), gospodărirea căldurii, proiectarea și construirea de centrale termoelectrice cu abur și motoare cu ardere internă.

Se va da o atenție specială problemelor de electroenergetică, tratând multipelele ei domenii, atât sub aspectul complex al marilor sisteme energetice, cât și sub cel al proiecării instalațiilor de producere de energie electrică, linii de transport și rețele de distribuție, stații de transformare, repartiția sarcinilor și reglajul tensiunii, mersul în paralel, protecția contra supratensiunilor, probleme de telemăsură și telecomandă, utilizarea energiei electrice în diferitele industrii, în transporturi, în agricultură, iluminare etc.

O preocupare deosebită va constitui urmărirea mobilizării rezervelor interne în materie de energie electrică, ce se poate realiza prin raționalizarea consumului de energie electrică, pentru o cât mai bună utilizare a instalațiilor (reducerea consumului specific, ameliorarea factorului de putere, etc.).

Se vor publica deasemenea articole și studii privind problemele tehnico-economice specifice sectorului energetic: indicii tehico-economici, prețul de cost, precum și probleme privind protecția muncii în instalațiile electrice, etc.

Dat fiind importanța muncii științifice și în sectorul energetic, revista va publica atât articole teoretice cât și cercetările de specialitate cu rezultatele concrete obținute în producție.

Studiile și articolele publicate în revista „Energetica" vor oglindi astfel modul în care se realizează concepțiile energeticei socialiste în condițiile specifice țării noastre, precum și contribuția tehnicienilor și inginerilor noștri la marile probleme care se pun în cadrul străduințelor de a realiza cincinalul în patru ani.

Instrument de difuzare a concepțiilor noi în energetică, precum și a realizărilor în acest domeniu, revista „Energetica" va pune la îndemâna inginerilor și tehnicienilor studii și articole din măreața experiență sovietică și a țărilor de democrație populară.

Rolul hotărîtor al experienței sovietice în munca de creație a inginerilor și tehnicienilor noștri este arătat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej [1]) *în rândurile următoare: „Uniunea Sovietică dă poporului român un ajutor cu adevărat frățesc, socialist. El are nu numai o uriașă însemnătate, în construirea bazei materiale tehnice a socialismului, ci și un profund și bogat conținut politico-moral. Insușirea experienței sovietice întărește încrederea poporului român în propriile sale forțe, sădește în conștiința muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor români o uriașă încredere în capacitățile lor creatoare și contribue la înflorirea culturii, artei și științei în țara noastră".*

Desvoltarea energeticei în U.R.S.S., rezultatele obținute în țările de democrație populară pe baza energeticei sovietice, evidențiază grăitor superioritatea orânduirii socialiste asupra celei capitaliste, unde contradicțiile permanente dintre trusturi frânează progresul energeticei. Niciun stat capitalist din lume nu și-a pus și nu-și poate pune țeluri atât de mărețe, ca acelea pe care și le-a fixat și pe care le-a atins energetica sovietică.

***

Revista „ENERGETICA" își va putea însă îndeplini sarcinile ce-i revin numai dacă inginerii și tehnicienii noștri, oameni de știință și cei din exploatări sau de pe șantierele electrificării, vor folosi din plin coloanele ei pentru desbaterea tuturor problemelor de actualitate, legate de sarcinile imediate ale sectorului energetic.

Toți aceștia sunt chemați să colaboreze în acest scop prin studii și articole originale, prin recenzii și referate din literatura sovietică de specialitate, prin comunicarea experiențelor proprii și a realizărilor de pe teren, din toate domeniile de activitate al sectorului energetic.

Pentru ca revista să-și îndeplinească rolul ei, ea trebue să pătrundă în toate locurile de muncă pentru a fi citită cu folos de către oameni de știință, ingineri, tehnicieni, stahanoviști, fruntași în muncă; revista nu trebue să stea închisă în bibliotecă.

Numai în astfel de condiții revista „Energetica" va putea să corespundă sarcinilor sale de a contribui la propășirea energeticii noastre, la aducerea ei la nivelul cerut de industria noastră în plină și rapidă desvoltare, cât și de celelalte domenii ale vieții economice și culturale.

Pentru ca revista „Energetica" să poată deveni un instrument eficace de promovare a noii energetici, factor de construire a socialismului în patria noastră, colaboratorii și cititorii noștri pe care îi vom consulta în consfătuiri periodice, trebue să ne ajute în munca noastră prin sugestiile și prin critica lor constructivă, prin urmărirea și verificarea rezultatelor pe teren a materialului publicat.

---

*) Gh. Gheorghiu Dej: Intărirea continuă a regimului democrat popular în R. P. R. Editura pentru literatură politică, 1952.

ENERGETICA SOCIALISTĂ

Conf. ing. IGNAT SAPHIER

După ce se arată importanța energeticei pentru economia națională, se scoate în evidență conținutul calitativ nou al energeticei socialiste. Se insistă asupra necesității tratării complexe a problemelor energeticei în cadrul sistemului energetic general și din punctul de vedere al întregii economii naționale, prin sinteza rezultatelor obținute la nivelul diferitelor domenii parțiale ale energeticei generale. In încheiere, se evidențiază superioritatea energeticei sovietice față de energetica din țările capitaliste.

Construirea socialismului este indisolubil legată de o lărgire a bazei tehnice, prin crearea unei industrii socialiste puternice. Odată cu aceasta, se desvoltă o agricultură larg mecanizată și o întinsă rețea de transporturi, în timp ce nivelul material și cultural al oamenilor muncii crește necontenit. Această desvoltare a economiei naționale este de neconceput fără desvoltarea simultană a unei baze energetice corespunzătoare, capabilă să satisfacă toate nevoile economiei naționale cu energia ce se cere în diferitele ei forme. Din această cauză, problemele referitoare la utilizarea surselor de energie, la transformarea, transportul și distribuția energiei precum și la utilizarea diferitelor forme de energie de către mulțimea variată și mereu crescândă a consumatorilor, capătă o importanță cu totul specială.

Ca o necesitate obiectivă a desvoltării industriei și transporturilor, s'a născut o nouă disciplină științifică, energetica. In condițiile modului de producție capitalist, ea nu a fost însă capabilă să se desvolte decât până la un anumit stadiu. Abia în condițiile create de modul de producție socialist, în care relațiile de producție sunt în concordanță obligatorie cu caracterul forțelor de producție, energetica, datorită desvoltării planificate, proporționale, a economiei naționale, a putut să iasă din încătușarea strâmtă în care a fost ținută de către modul de producție capitalist, a putut să se desvolte liber. In condițiile unei economii socialiste planificate ea capătă un conținut calitativ nou. Energetica în concepția ei modernă s'a născut și se desvoltă în Uniunea Sovietică.

Academicianul G. M. Crjijanovschi, arată că „un domeniu în care s'a manifestat deosebit de puternic forța măreață a ideilor leninist-staliniste de creare a bazei tehnico-materiale a societății comuniste — idei pătrunse de o adâncă încredere în forțele creatoare ale poporului sovietic — este energetica" [1]).

Mulți din tehnicienii noștri nu concep încă energetica în sensul ei larg și de multe ori ei confundă energetica cu electrificarea. Acest lucru provine din cauză că nu s'a arătat într'o măsură suficientă în ce constă conținutul calitativ nou al energeticei moderne, socialiste.

După cum s'a arătat și mai înainte, problemele de bază ale energeticei sunt :

— utilizarea cea mai rațională a surselor de energie disponibile ;

— transformarea, transportul și distribuția cea mai economică a energiei ;

— utilizarea cea mai justă a diferitelor forme de energie, la consumator.

Aceste probleme nu pot fi rezolvate de energetica din țările capitaliste ; din cauza fracționării intereselor și contradicțiilor dintre ele problemele sunt rezolvate separat, anarhic și ca o consecință imediată, apar rezultate trunchiate.

Energetica socialistă rezolvă aceste probleme nu izolat, ci în cadrul complex al corelațiilor lor reciproce, ținând seamă totdată și de influența reciprocă ce există între energetica propriu zisă și tehnologia proceselor consumatoare de energie, precum ține seama și de nivelul tehnic al momentului istoric respectiv, imprimând tehnicei impulsul necesar desvoltării rapide pe o cale justă și primind la rândul său din partea tehnicei impulsul pentru propria sa desvoltare Energetica socialistă consideră într'un singur tot întreaga economie națională și rezolvă problemele ce-i revin în vederea obținerii randamentului maxim — din punctul de vedere al întregei economii naționale — printr'o justă gospodărire a tuturor resurselor de energie de care se dispune, considerate ca un tot unitar, bun al întregului popor muncitor. In aceasta constă conținutul calitativ nou al energeticei socialiste. „Nivelul de desvoltare a energeticii unei țări este unul din indicii fundamentali care determină desvoltarea industriei și posibilitatea de a mobiliza cu succes forțele de producție pentru utilizarea rațională a bogățiilor naturale" [2]).

*

Energia ce se consumă în toate domeniile de activitate provine din transformarea energiei surselor primare de energie. Acestea — în stadiul actual al tehnicei — sunt în special combustibilii, căderile de apă și vântul. Forma de energie, în care aceasta este utilizată de către consumatorul final este energia mecanică, energia termică, energia chimică sau energia radiantă. In consecință, energia surselor primare va trebui să suporte o serie de transformări dealungul unui lanț energetic pentru a ajunge la una din formele finale cerute de ultimul consumator.

Exploatarea energetică a resurselor primare de energie, transformările succesive ale diferitelor forme de energie în altele, transportul și

distribuția energiei în diferitele ei forme precum și consumul final de energie la ultimul consumator, toate acestea, considerate pe întreaga economie națională, au loc în cadrul unui sistem energetic general ce se compune dintr'un număr mare de secțiuni și elemente heterogene, mai mult sau mai puțin interdependente, intotdeauna legate între ele — în perioadele de funcționare — de un flux de energie.

Fiecare element al unui sistem energetic îndeplinește una din următoarele trei funcțiuni:

— funcțiunea de transformare a energiei dintr'o formă de energie în alta, ca de pildă transformarea energiei termice în energie mecanică (în cazul mașinilor termice), transformarea energiei electrice — în energie mecanică (cazul motoarelor electrice), etc. Elementele care îndeplinesc asemenea funcțiuni sunt deci atât așa zisele instalații generatoare de energie cât și așa numiții receptori de energie.

— funcțiunea de transformare a unei aceleași forme de energie ca de pildă transformarea energiei electrice a curentului alternativ de o anumită tensiune tot în energie electrică a unui curent alternativ de altă tensiune sau a unui curent continuu (cazul transformatorilor electrici sau al redresorilor), transformarea energiei termice purtată în abur în energie termică purtată în apă caldă (cazul boilerilor), transformarea energiei chimice legată a cărbunelui tot în energie chimic legată a gazului de gazogen, etc.

— funcțiunea de transport (și distribuție) a energiei în diferitele ei forme, ca de pildă transportul energiei electrice (cazul rețelelor electrice) transportul energiei chimic legate (cazul transportului de combustibil), transportul energiei termice (cazul conductelor de abur sau apă caldă), etc.

In raport cu necesitățile și interesele economiei naționale, se crează succesiune acestor elemente ale sistemului energetic general, sistem ce înglobează într'un singur tot procesele de producere și de utilizare a energiei, procese ce se găsesc într'o legătură organică reciprocă. Diferitele elemente din cadrul sistemului energetic general se găsesc situate în diferite combinații în raport cu ramura economiei naționale pe care trebue să o deservească în principal.

In cadrul sistemului energetic general, se situează o mulțime de lanțuri energetice având sau neavând legături directe între ele — dealungul cărora se transformă succesiv forma de energie a surselor naturale (surse primare) în acea formă de energie ce este necesară consumatorului la receptorii săi. In afară de aceste lanțuri energetice, având sensul sursa primară — consumator, numite lanțuri energetice primare, prin utilizarea în direcție energetică a resurselor secundare de energie a producției industriale, mai intervin și o serie de alte lanțuri energetice având sensul sursa secundară — consumator, numite lanțuri energetice secundare.

Fluxurile de energie ce parcurg diferitele lanțuri energetice și le leagă între ele crează legăturile energetice ce se stabilesc între diferitele procese tehnologice — sau mai general, între diferitele procese consumatoare de energie. Intr'o formă avansată a energeticei, aceste legături ajung să devină chiar legături între diferitele ramuri ale economiei naționale. In condițiile unei economii socialiste, se deschid cele mai largi posibilități de co binare nu numai a diferitelor elemente ale sistemului energetic, ci și de combinare a gospodăririi energetice din diferite ramuri ale economiei naționale, între ele.

Legătura organică reciprocă a proceselor de producere și consum de energie, posibilitatea largă de combinare a elementelor sistemului energetic general precum și utilizarea resurselor energetice secundare ale producției industriale, conduc la utilizarea complexă a resurselor naturale de energie și caracterizează proprietatea principală a gospodăririi energiei într'o economie socialistă, caracterizează unitatea energeticei luată în accepțiunea ei cea mai largă Problema fundamentală a energeticei moderne, a energeticei socialiste, este gospodărirea energiei în vederea obținerii randamentului maxim, considerat pe întreaga economie națională, în concordanță cu interesele întregului popor muncitor.

*

Din cele expuse mai sus, rezultă clar că nu este ușor de a ataca și rezolva just problemele puse de energetică, considerată în accepțiunea ei cea mai largă, sau cum i se mai spune, de energetica generală. In rezolvarea problemelor ce i se pun, energetica generală recurge la metoda atacării problemei în mod separat din diferitele puncte de vedere, divizând problema generală în părți mai mici, pentru ca în final, prin sinteza rezultatelor parțiale să obțină soluția justă. In felul acesta, energetica generală se subdivide într'o serie de discipline ce-i sunt subordonate.

Problemele de care se ocupă energetica pot fi tratate avându-se în vedere numai o anumită formă de energie, în care caz problema este tratată în cadrul electroenergeticei, termoenergeticei, hidroenergeticei, etc., după forma de energie considerată. Pe de altă parte, aceleași probleme pot fi tratate avându se în vedere numai o anumită categorie de consumatori, în care caz problema este tratată în cadrul energeticei industriale, comunale, a transporturilor, etc. după categoria de consumatori considerată. Toate acestea nu sunt altceva decât domenii parțiale ale unui tot ce este energetica generală.

Energetica generală se poate deci subdivide în două categorii distincte de domenii parțiale, fiecare domeniu dintr'o categorie conținând câte o anumită parte din toate domeniile din cealaltă categorie. Astfel de pildă electroenergetica cuprinde domeniul de producere, trans-

port (şi distribuţie) şi consum de energie electrică Cum consumul de energie electrică se găseşte în toate ramurile economiei naţionale, electroenergetica va cuprinde partea referitoare la energia electrică din energetica industrială, energetica transporturilor, energetica agricolă, etc. deci din toate domeniile celeilalte categorii. Deasemenea energetica industrială de pildă va cuprinde domeniul referitor la industrie din electroenergetică, termoenergetică, etc. deci părţi din toate domeniile primei categorii.

Tratarea parţială a problemelor energeticei în cadrul diferitelor domenii ale ei, trebue privită ca o metodă de lucru, prin care obiectul cercetării se izolează — conştient şi pentru un anumit timp — de restul obiectelor cu care el se află în interdependenţă. Pentru a nu cădea însă în greşala de a trage unele concluzii generale greşite, trebue avută în vedere această izolare artificială şi repus obiectul în legăturile lui firesti înainte de a trage concluzii'e generale respective.

In felul acesta energetica generală scoate concluziile din examinarea şi sintetizarea rezultatelor obţinute la nivelul şi în cadrul domeniilor parţiale ale ei. In energetica generală, obiectele cercetate în cadrul fiecărui domeniu parţial sunt repuse în legăturile lor firesti, deoarece energetica generală nu numai că ţine seama de legăturile reciproce ce există între toate domeniile parţiale ale energeticei, dar ţine seama şi de legăturile reciproce ce există între aceste domenii şi toate ramurile economiei naţionale, legături influenţate de factori politici, economici, sociali, etc. Astfel, numai studiile efectuate la nivelul energeticei generale permit tragerea de concluzii generale şi juste din punctul de vedere al întregei economii naţionale [3]).

Trebue precizat că energetica generală este mult mai complexă decât simpla sumă a domeniilor ei parţiale căci aci intervine în plus şi legătura necesară dintre diferitele domenii. Energetica generală, întregul, este mai mult decât suma domeniilor sale parţiale, decât suma tuturor laturilor deosebite.

Din cele de mai sus, rezultă clar imposibilitatea desvoltării energeticei generale în cadrul capitalismului contemporan, unde asigurarea profitului capitalist maximal constituie legea economică fundamentală. In cadrul economiei capitaliste s'au născut şi desvoltat până la un anumit stadiu domeniile parţiale ale energeticei generale. Aceste domenii parţiale erau în concordanţă cu interesele fracţionate din capitalism, puteau servi intereselor trusturilor capitaliste care în goana lor după profit nu găseau deloc necesar îmbrăţişarea problemelor din punctul de vedere al interesului întregei economii naţionale, al interesului întregului popor muncitor.

Intr'o economie capitalistă, legăturile dintre energetica industrială, de pildă, şi celelalte domenii ale energeticei, în cadrul energeticei generale, sunt expresia jocului întâmplător şi anarhic al intereselor întreprinderilor industriale şi al marilor concerne producătoare şi distribuitoare de energie.

In economia socialistă, aceste legături sunt expresia unei preocupări conştiente şi continue în vederea rezolvării oricăror probleme energetice prin prisma interesului economic general adică pe linia desvoltării energeticei socialiste.

*

Energetica sovietică se desvoltă pe această linie. De aci rezultă şi succesele enorme ale energeticei sovietice în opoziţie cu desvoltarea energeticei în ţările capitaliste. Politica energetică a Uniuni Sovietice se caracterizează prin următoarele trăsături :

— creşterea utilizării combustibililor locali (huile slabe, turbă, şisturi bituminoase);

— producţia combinată de căldură şi energie electrică (termoficarea);

— folosirea complexă a resurselor hidraulice;

— utilizarea combinată a combustibililor pentru fabricarea de produse chimice şi furnizarea de energie;

— folosirea energiei vântului acolo unde ea este rentabilă;

— folosirea resurselor energetice secundare din industrie.

Energeticienii sovietici au rezolvat cu succes problemele tehnice referitoare la utilizarea combus ibililor locali şi a i U.R.S.S. este p ima ţară din lume în ceeace priveşte folosirea turbei, a huilelor slabe şi a prafului de antracit.

In opoziţie cu aceasta, risipa celor mai valoroase resurse energetice din S.U.A. se poate constata numai din faptul că în 1947 extracţia de cărbune se afla încă la nivelul di. 1918.

Marile centrale de termoficare au apărut acum 20 ani în U.R.S.S. iar nu în S.U.A., ţară care la acea vreme deţinea tehnica cea mai avansată. In ajunul celui de al doilea război mondial. S.U.A. a eau numai 26 centrale de termoficare reprezentând o pondere de 0,6% faţă de puterea total instalată în centrale electrice şi de 0,015% faţă de energia total produsă de centralele electrice. In acelaşi timp, în U.R.S.S. erau 100 centrale de termoficare. In 1939 în U.R.S.S. începe fabricarea curentă a celei mai mari turbine de termoficare din lume, 50 MW cu prelevare de 200 t/h abur de 7 ata.

Marile lucrări ale comunismului, în curs de realizare în U.R.S.S. constitue mărturia cea mai elecventă în ceeace priveşte folosirea complexă a resurselor hidraulice în U.R.S.S. In opoziţie cu aceste gigantice lucrări ce se execută în termene extrem de scurte, stau principalele lucrări hidrotehnice din S.U.A. (Grand Coulee, Bonneville, Boulder Dam, Tennessee, etc.) care au început cu mulţi ani în urmă şi care încă nu au ajuns să intre în funcţiune cu întreaga lor capacitate proectată.

In ceea ce privește lucrările de irigare, acestea sunt încă cu mult mai în urmă. Toate promisiunile de asanare și irigare a terenurilor agricole, s'au dovedit până la urmă a fi doar pură demagogie. Principalele centrale hidroelectrice din S.U.A. sunt subordonate producției de război și constitue baza energetică a producției de armament.

Exemplificările pot fi încă mult mai extinse, toate scoțând la iveală superioritatea netă a energeticei sovietice, a energeticei socialiste. După cum s'a arătat mai înainte, cauza directă a rămânerii în urmă a energeticei din țările capitaliste o constituie concurența dintre monopoluri și anarhia producției în capitalism. O asigurare a randamentului maxim pe întreaga economie națională nu este posibilă în capitalism.

In momentul victoriei Marei Revoluții Socialiste din Octomvrie, marea cerință a tehnicii era electrificarea marii industrii. Primul pas făcut de tânărul stat sovietic a fost planul leninist de electrificare a țării, planul GOELRO. In prima fază a construirii socialismului, electrificarea se situează pe primul plan, veriga principală a industrializării fiind aprovizionarea largă și centralizată cu energie electrică. Pe măsura progresului tehnic — desvoltarea rapidă datorită condițiilor create de economia socialistă — pe măsura creșterii cerințelor de energie, economia de energie în general, și în special economia de combustibil și rațională lui folosire, începe să devie din ce în ce mai necesară și apar forme noi de gospodărire a energiei, forme caracteristice industriei socialiste. Se desvoltă energetica socialistă.

In țara noastră, în această perioadă de construire a socialismului, electrificarea are un rol important. Mărețul plan de electrificare a R.P.R. este o mărturie vie a acestui lucru.

După cum s'a spus și mai înainte, energetica nu trebue însă confundată cu electrificarea. Înțelegerea energeticei, în sensul ei larg este absolut necesară pentru o justă soluționare a problemelor energetice.

Economia de energie și în special, economia de combustibil trebue să devină o preocupare de bază a tehnicienilor noștri astfel încât fiecare kWh și fiecare kcal folosite să contribue cât mai mult la opera de construire a socialismului în R.P.R., la întărirea marelui lagăr al păcii.

Bibliografie

1. *Acad. G. M. Crjijanovski*: Epoca construcțiilor gigantice Ed. Cartea Rusă 1951, pag. 6.
2. *Acad. A. V. Vinter*: Energetica Sovietică: Ed. Acad. R.P.R., 1949.
3. *** Energetica generală. Electricestvo Nr. 11 (1947).

★

СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Резюме

После того как указывается значение энергетики для народного хозяйства, подчеркивается новое качественное содержание социалистической энергетики. Настаивается на необходимости комплексной трактовки вопросов энергетики вмасштабе общей энергетической системы и с точки зрения всего народного хозяйства, посредством синтетизирования полученных результатов на уровне различных частичных отраслей общей энергетики.

В заключение выявляется превосходство советской энергетики перед энергетикой капиталистических стран.

TERMOFICAREA

PRINCIPII — DOMENII DE APLICARE — IMPORTANȚA ENERGETICĂ ȘI ECONOMICĂ

Conf. ing. IOAN D. STĂNCESCU

Pe măsură ce se trece la forme superioare de organizare a muncii și a condițiilor de trai, necesitățile de energie cresc într'un ritm din ce în ce mai accentuat. Creșterea cantitativă este însă însoțită și de cerințe calitativ sporite în ceeace privește condițiile de satisfacere. Apar astfel preferințe pentru anumite feluri de energie și crește exigența față de condițiile tehnice și economice de alimentare. Cu drept cuvânt se poate acum spune că cifrele specifice de consum de energie și repartiția lor pe diferite feluri de energie constitue indici concludenți pentru nivelul economic și cultural al unei colectivități.

Plecând dela rolul preponderent care revine combustibililor în echilibrarea balanței energetice globale a unei mari regiuni economice și dela necesitatea folosirii lor pe o scară din ce în ce mai mare și ca materie primă industrială, rezultă necesitatea valorificării în cât mai bune condițiuni a acestei importante resurse energetice și economice. După descrierea principială a condițiilor de realizare a termoficării industriale și a termoficării urbane, se conchide asupra necesității extinderii acțiunii de termoficare, începută în cadrul planului de electrificare și a planului cincinal în R. P. R. In acest scop, trebue folosită din plin bogata experiență sovietică, care a dus în U. R. S. S., termoficarea la un grad atât de mare de desvoltare și trebue studiate și condițiile specifice de aplicare în țara noastră.

Nenumărate sunt acum modalitățile de a folosi energia într'o formă sau alta, ca factor de prim ordin în procesele de producție sau în ameliorarea condițiilor de trai. Și nu suntem de fapt decât la început. Cererile de energie ale proceselor de producție sporesc continuu și concomitent cresc și cererile de energie pentru îmbunătățirea condițiilor de trai; este un fapt cunoscut, că aproape orice creștere de consum a unui fel de energie, datorită activării unui anumit proces, determină la rândul ei sporuri corespunzătoare sau noi necesități de energie în procesul respectiv sau în complexul interdependent, iar legătura dintre condițiile tehnice ale desfășurării procesului de producție și necesitățile sale de energie devine cu atât mai strânsă cu cât mijloacele tehnice aplicate sunt mai avansate.

O desvoltare similară are loc și în ceeace privește necesitățile de energie pentru ameliorarea condițiilor de trai. Pe lângă condițiuni igienice și confort individual sporit, marile centre populate vin cu mari cerințe de energie pentru mijloace de transport în comun, instituții și așezăminte sociale și culturale, etc.

Dintre cele patru forme finale sub care este cerută energia de către consumator: căldură, energie mecanică, energie chimică sau iluminat, ponderea cea mai mare o au necesitățile de căldură, ele reprezentând 70—80% din cererile de energie ale unei regiuni economice normal industrializate. Și cum, în marea lor majoritate, cererile de căldură sunt acoperite prin arderea combustibililor, rezultă clar rolul preponderent al combustibililor în balanța energetică globală, chiar fără a ține seama de necesitatea folosirii lor și pentru acoperirea celorlalte cereri de energie, fie direct fie prin forma intermediară a energiei electrice.

Această pondere este accentuată de faptul că randamentele proceselor de valorificare a energiei combustibililor sunt de cele mai multe ori cu totul nesatisfăcătoare, valorile medii variind dela 6—10% în locomotivele cu abur, 10—30% în majoritatea cuptoarelor industriale, 10—35% în centralele termoelectrice cu pură condensație, 40—45% în sobe, până la 50—85% în cazanele de apă caldă și abur, ceeace înseamnă o cheltuială cu atât mai mare de energie primară.

De aci importanța covârșitoare a unei bune gospodăriri a combustibililor, a necesității valorificării lor maxime din punct de vedere termoenergetic.

Dar pe lângă aspectul economic în sine, nu trebue uitat că zăcămintele de combustibil constitue surse epuizabile de energie și că disponibilitățile extracției curente pentru scopuri energetice se restrâng pe măsură ce noțiunea de combustibil se îngustează, cea mai mare parte din combustibili devenind, prin progresul continuu al tehnicii, materii prime deosebit de interesante pentru industria chimică.

1. CĂILE PRINCIPALE PENTRU O MAI BUNĂ VALORIFICARE A COMBUSTIBILILOR

Căile pe care trebue să se îndrepte gospodărirea combustibililor, în vederea valorificării lor maxime, trebue să țină seama de două imperative economice:

— necesitatea de a mări gradul de valorificare prin ameliorarea randamentului global al folosirii lor și

— necesitatea unei valorificări în comun a rezervelor existente, atât pentru scopuri energetice cât și ca materii prime.

Ameliorarea randamentului global al folosirii combustibililor se poate obține:

— prin însumarea efectului ridicării randamentelor proprii ale diferitelor procese izolate;

— prin îmbinarea sau combinarea unor procese, astfel încât randamentul comun obținut să fie superior randamentelor proprii ale proceselor izolate.

In ceeace privește valorificarea în comun a combustibililor atât pentru scopuri energetice cât și ca materie primă, aceasta înseamnă a extrage, prin metode adecuate, din combustibili materiile interesante, în special din punctul de vedere al industriei chimice, și a folosi restul pentru scopuri energetice.

Din aceste necesități s'au născut și s'au desvoltat, îndeosebi de către tehnica sovietică, preocupări și acțiuni susținute pentru folosirea complexă a combustibililor. Comună tuturor formelor de folosire complexă a combustibililor este îmbinarea parțială sau totală ce apare între procese sau faze de procese energetice și procese sau faze de procese tehnologice, astfel încât întreagă această acțiune de mai bună valorificare a combustibililor este cunoscută în tehnica sovietică sub denumirea de *combinarea energo-tehnologică* a proceselor de producție (1).

După cum corespunde mai mult primei sau celei de a doua din necesitățile enunțate la începutul acestui capitol, deosebim două grupe principale de combinări energo-tehnologice:

Prima grupă care cuprinde îmbinări sau combinări de procese energetice și de producție în vederea realizării în comun a unui randament global mai ridicat și în care se deosebesc două stadii de desvoltare:

a) folosirea rațională sau *valorificarea resurselor energetice secundare* prin îmbinarea sau împletirea proceselor de producție și a celor energetice în așa chip, încât cea mai mare parte din resursele energetice, de diferite feluri și cu diferite potențiale, ce rezultă ca deșeuri sau produse secundare ale unui proces de producție de orice natură, să capete un rol util în alt proces conjugat, și

b) folosirea combustibililor pentru producerea combinată de energie mecanică sau electrică și de căldură, adică realizarea *termoficării*.

A *doua grupă*, care cuprinde combinări de procese industriale și energetice în vederea valorificării în comun a combustibililor, atât în scopuri energetice cât și ca materii prime industriale; întrucât în această grupă predomină cererile industriei chimice, această direcție de valorificare este cunoscută ca *folosirea energo-chimică a combustibililor.*

Infine sunt posibile și combinațiuni mai complexe, fie în cadrul interior al fiecărei grupe cât și între cele două grupe.

Întrucât scopul considerațiilor energetice de ansamblu făcute până acum, și anume cel de a situa just problema și importanța *termoficării* în cadrul economiei energetice, poate fi privit ca atins, nu ne vom mai ocupa în cele ce urmează de celelalte direcții ale combinării energo-tehnologice a proceselor de producție, mărginindu-ne la cercetarea termoficării și a condițiilor în care prin aplicarea ei, se poate ajunge atât la o valorificare mai bună a combustibililor cât și la realizarea altor mari economii din punct de vedere economic general.

2. PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE TERMOFICĂRII

Termoficarea reprezintă o formă mai avansată a combinării energo-tehnologice a proceselor de producție decât cea a valorificării unor resurse energetice secundare, pentrucă termoficarea este un proces de producție în care concomitent și în mod deliberat are loc atât producerea de energie mecanică, respectiv electrică, cât și de căldură. Nu se poate deci susține că la termoficare energia electrică ar fi un produs secundar din aburul care tot este necesar pentru anumite procese de încălzire, sau că aburul, după ce a fost destins și a servit la producerea energiei mecanice sau electrice, reprezintă o căldură deșeu.

Cea mai bună dovadă că astfel de puncte de vedere sunt greșite, o constitue condițiile cu totul diferite în care decurge termoficarea față de îmbinările de procese cu valorificări de resurse energetice secundare. La realizarea unei îmbinări de procese făcute în scopul ca procesul conjugat să folosească resursa energetică secundară, aceasta trebue preluată la potențialul sau cu parametrii în care ea rezultă din procesul primar; nu se poate cere o creștere de orice natură a acestui potențial, deoarece o astfel de modificare ar avea repercusiuni în general inacceptabile asupra procesului primar. In cazul termoficării avem de a face cu combinarea a două procese care decurg în mod normal separat, dar care se îmbină armonios în cadrul unui proces complex, exercitând însă o serie de repercusiuni reciproce. Acestea decurg din faptul că anumiți parametri sau legături specifice ale fiecăruia din cele două procese, în fond diferite, trebue neapărat respectate ca indispensabile condițiilor de folosire.

Caracteristice în această privință sunt următoarele condiții fundamentale:

— căldura obținută trebue să fie de anumiți parametri și să fie disponibilă în ritmul și cantitatea cerută de consumatorul sau consumatorii termici;

— energia mecanică sau electrică produsă să corespundă exact cerințelor sistemului alimentat.

Deoarece, în general, nu există o corelație fixă între cererile de căldură și cele de energie mecanică sau electrică, condițiile de mai sus nu pot fi satisfăcute integral pentru fiecare fel de energie, decât dacă se face apel la o serie de elemente compensatoare asupra cărora se va reveni.

Este însă de subliniat că temperatura la care este cerută căldura de consumatorii termici are o influență hotărîtoare asupra condițiilor de desfășurare ale acestui proces complex. Influența ei este atât de mare, încât după mărimea ei însăși natura proceselor de termoficare este principial diferită. In funcție de această temperatură deosebim:

a) termoficare la temperaturi joase
b) termoficare la temperaturi înalte

prin termoficare la temperaturi joase înțelegând instalațiile ce livrează căldură prin agenți termici cu o temperatură de cel mult 200°C, în timp ce termoficarea la temperaturi înalte înseamnă producerea de energie mecanică sau electrică și alimentarea concomitentă cu căldură a unor procese industriale la temperaturi până la 1500°C.

a) *Termoficarea la temperaturi joase.* Procesul constă în combinarea ciclului producerii energiei electrice — care altfel decurge separat în centrale termoelectrice cu condensație (CTE) — cu un ciclu producător de căldură, astfel încât din noul ciclu rezultat să se livreze și căldură, care altfel ar trebui produsă izolat în punctele

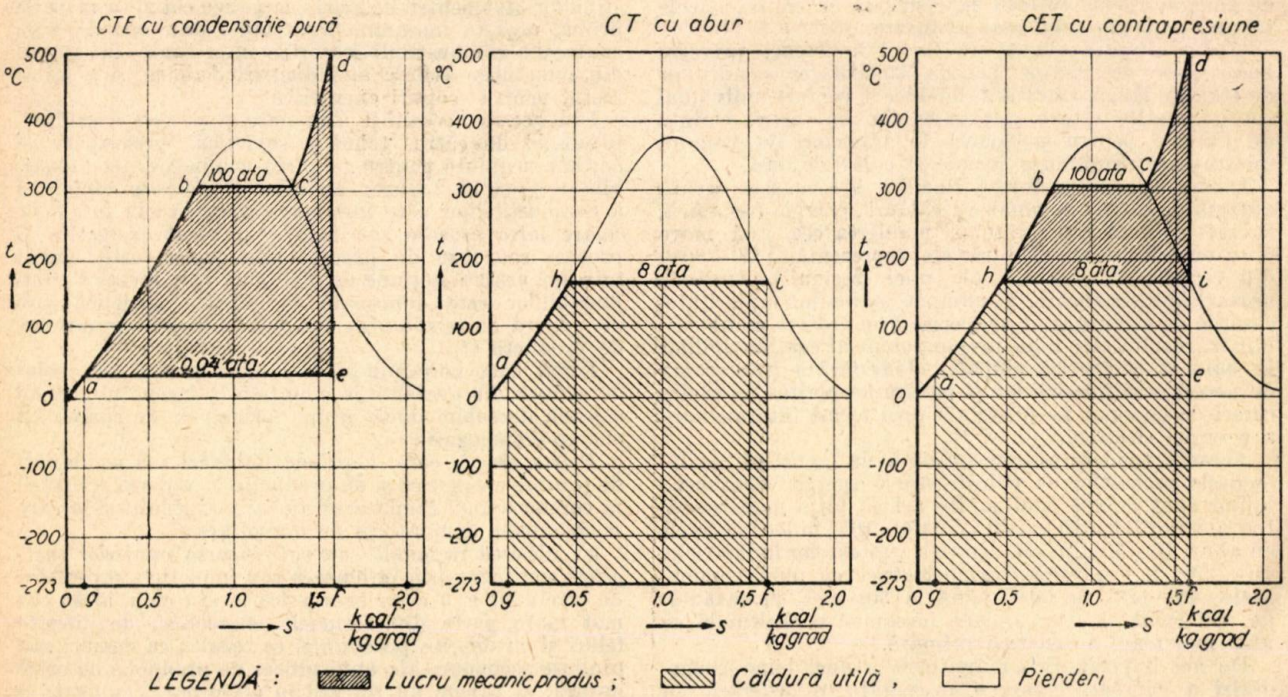


Fig. 1. Ciclurile termice teoretice ale CTE, CT și CET cu contrapresiune

de consum sau într'o centrală termică sau de încălzire (CT)*.

Pentru a ilustra creşterea de randament ce se poate obţine pe această cale, se redau în fig. 1 în diagrama T-s ciclurile termice teoretice pentru :

— *producerea de energie electrică în CTE cu ciclu de pură condensaţie* : randamentul ciclului teoretic este dat de reprezintă întreaga căldură cheltuită în acest scop. Cu toate că s'a presupus un ciclu de înaltă presiune şi temperatură, totuşi din cauza pierderii mari a căldurii evacuată în apa de răcire a centralei şi reprezentată prin suprafaţa *aefga*, chiar randamentul teoretic este numai de ordinul a 50%. Randamentul practic al unei CTE cu astfel de parametri este de circa 27 — 30%, din

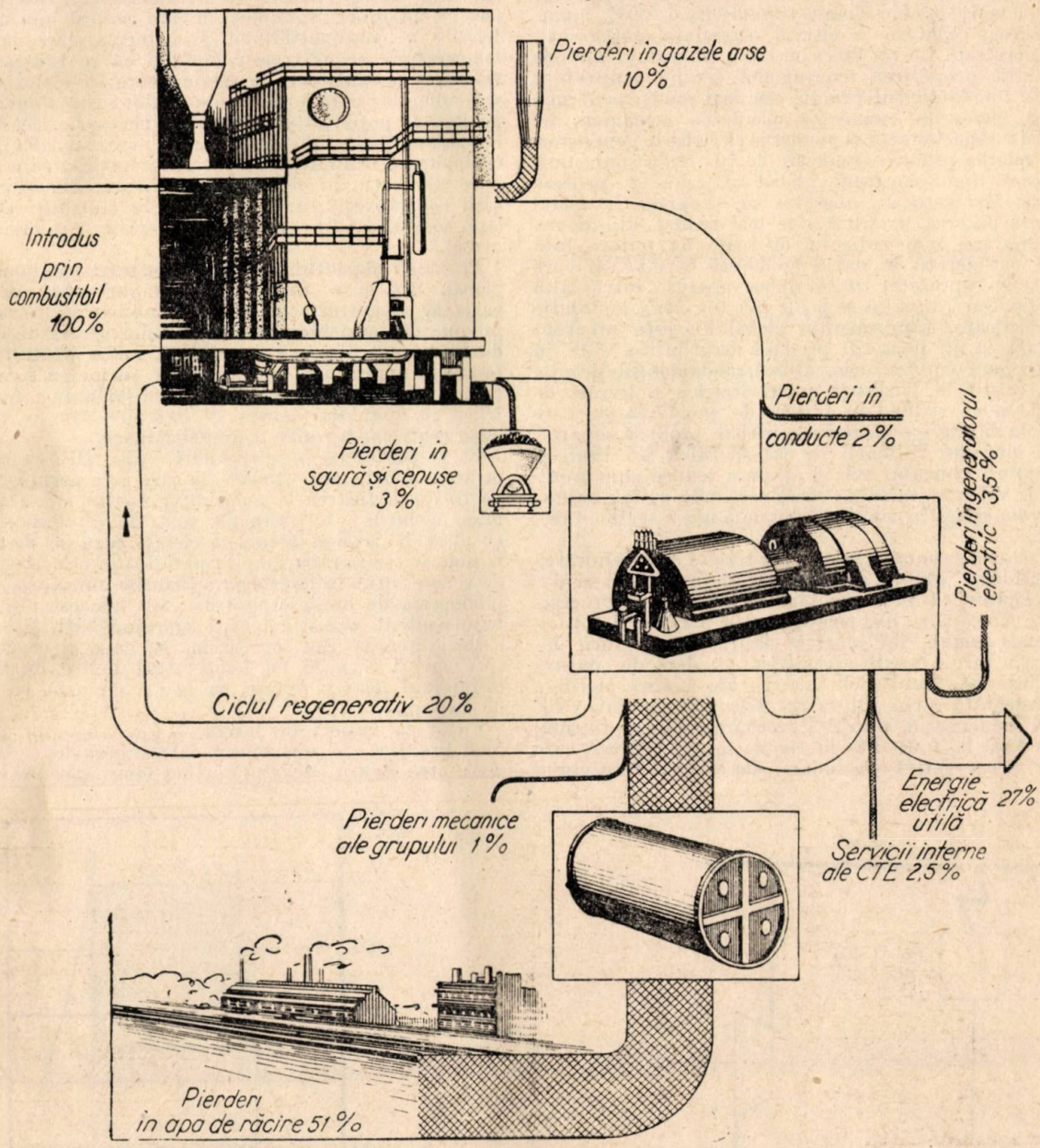


Fig. 2. Fluxul de energie într'o centrală termoelectrică cu pură condensaţie (CTE). Pierderile şi energia utilă sunt exprimate în % din cantitatea de căldură introdusă prin combustibil.

raportul între suprafaţa haşurată *abcdea*, care reprezintă lucrul mecanic obţinut şi suprafaţa *abcdefga*, care cauza pierderilor care intervin în ciclul real şi care pot fi urmărite în fig. 2.

— *producerea căldurii sub formă de abur saturat*, la de ex. 8 ata : randamentul ciclului teoretic este aci de 100%, deoarece întreaga căldură în joc, reprezentată de suprafaţa *ahifga* este folosită. Randamentul practic al unei astfel de instalaţii depinde, dacă ne limităm numai la instalaţii de producere, de pierderile ce intervin în cazanele de abur, şi este de ordinul 70—85%, în funcţie de mărimea cazanului, felul combustibilului, etc.

— *termoficare:* acest ciclu rezultă din suprapunerea celor 2 cicluri separate, în aşa fel, încât căldura necesară să fie dată de abur cu aceeaşi presiune de 8 ata.

*) In cele ce urmează vom vorbi mereu de producerea combinată a energiei electrice şi căldurii şi nu vom mai menţiona şi energia mecanică, întrucât sunt relativ rare cazurile în care energia mecanică produsă în procesul de termoficare rămâne sub această formă şi nu e transformată în acelaşi agregat în energie electrică.

Se vor folosi aci următoarele prescurtări, propuse pentru simplificarea denumirilor diferitelor tipuri de centrale : CTE = centrală termoelectrică cu condensaţie pură, CET = centrală electrică de termoficare, CT = centrală termică.

Aceasta înseamnă că destinderea aburului în grupurile turbogeneratoare nu se mai poate face până la presiunea de 0,04 ata, care corespundea vidului din condensatorii CTE, ci numai până la presiunea de 8 ata. La aceiași parametri inițiali ai aburului viu, se obține o putere electrică mai mică, în măsura în care suprafața *hbcdih* este mai redusă decât suprafața *abcdea* care reprezenta lucrul mecanic în condițiile funcționării separate. In schimb, randamentul global al acestui ciclu combinat este mult mai ridicat, valoarea teoretică fiind 100%, întrucât întreaga căldură cheltuită (suprafața *ahbcdiefga*) este valorificată fie ca lucru mecanic (suprafața *hbcdih*) fie pentru acoperirea consumului termic (suprafața *ahiefga*). Randamentul practic este mai redus, pentrucă intervin pierderile cazanelor, pierderile mecanice ale grupului turbogenerator și pierderile electrice în generator; totuși valorile practice realizate de 70—80% sunt mult superioare randamentului global al celor 2 procese separate. Mai este de observat că, deoarece în ciclul combinat puterea produsă este mai redusă din cauza contrapresiunii mai ridicate, diferența de putere față de cea considerată în cazul producerii în CTE și care corespunde suprafeței *ahiea* trebue produsă într'o altă instalație. Dacă aceasta se poate face tot într'o instalație de termoficare, randamentul global nu este afectat; dacă însă ea nu poate fi produsă decât într'o CTE în ciclu de pură condensație, atunci randamentul practic global, referit la aceleași puteri electrice și livrări de căldură, se va reduce în funcție de ponderea pe care o are cota de energie electrică ce trebue produsă separat. De aci interesul ridicării pe cât posibil a presiunii și temperaturii aburului viu și cel de a reduce contrapresiunea la valoarea minimă strict necesară; astfel, suprafața *hbcdih* crește în timp ce suprafața *ahiea* scade corespunzător.

Din această expunere principială rezultă că ameliorarea randamentului global, prin aplicarea termoficării, se datorește faptului că prin combinarea celor două procese, căldura necesară se livrează la aceeași parametri din ciclul termic comun, iar energia electrică se produce într'un ciclu care nu este afectat de pierderi de natură termodinamică. Noul ciclu nu mai are marea pierdere repreprezentată prin suprafața *aefga* a ciclului CTE de pură condensație, datorită evacuării căldurii aburului destins până la 0,04 ata în apa de răcire, căldură care ca resursă energetică secundară, din cauza potențialului ei redus (temperatura corespunzătoare în condensator este de cca 25°C iar a apei de răcire de 15°C) nu-și găsește folosire. In noul proces complex al termoficării, căldura evacuată din turbină include cantitativ căldura corespunzătoare suprafeței *aefga* din ciclul CTE cu condensație, dar datorită înglobării căldurii corespunzătoare suprafeței *ahiea* lacare se renunță a fi transformată în energie electrică, ea are și potențialul corespunzător temperaturii cerute. Reiese clar că avem de-a face cu un proces complex, în care gradul mai înalt de folosire a combustibilului prin termoficare la joasă temperatură se datorește faptului că se reușește a se valorifica o cantitate de căldură care în ciclul separat se pierde, dar care prin natura noului proces devine disponibilă la potențialul mai ridicat necesar. Aceasta însă implică o cheltuială separată de combustibil pentru completarea diferenței de energie electrică, care se produce mai puțin în ciclul de termoficare, din cauza ridicării contrapresiunii. Acest plus de consum este însă larg compensat de masiva creștere a randamentului global.

Pe lângă aspectul valoric al creșterii randamentului global, mai este de subliniat importanța energetică generală a acestei economii de combustibil, întrucât ea provine din satisfacerea justă a unei cereri de căldură de temperatură joasă cu căldură luată dintr'un ciclu termic la potențialul corespunzător, în loc ca să se cheltuiască în acest scop energia de potențial înalt a combustibilor în instalații directe de încălzire sau în cazanele unei centrale termice corespunzătoare.

b) *Termoficarea la temperaturi înalte.* Din cauza temperaturii mari (200—1500°C) la care este cerută căldura pentru termoficarea la temperaturi înalte, nu se mai pot folosi ciclurile obișnuite ale centralelor termoelectrice cu abur ci trebue recurs la cicluri care se desfășoară în zone de temperaturi mult mai ridicate. Din acest punct de vedere intră în considerare ciclurile cunoscute pentru producerea de energie electrică care folosesc alți agenți termici decât vaporii de apă supraîncălziți, și anume: ciclurile instalațiilor cu turbine cu gaze și cicluri folosind agenți termici cu temperaturi înalte de fierbere la presiuni relativ reduse, ca de ex. ciclurile cu vapori de mercur.

Ciclul cu vapori de mercur — fig. 3 — reproduce în fond procesul de termoficare la temperaturi joase, cu deosebirea că din cauza presiunilor joase specifice acestui

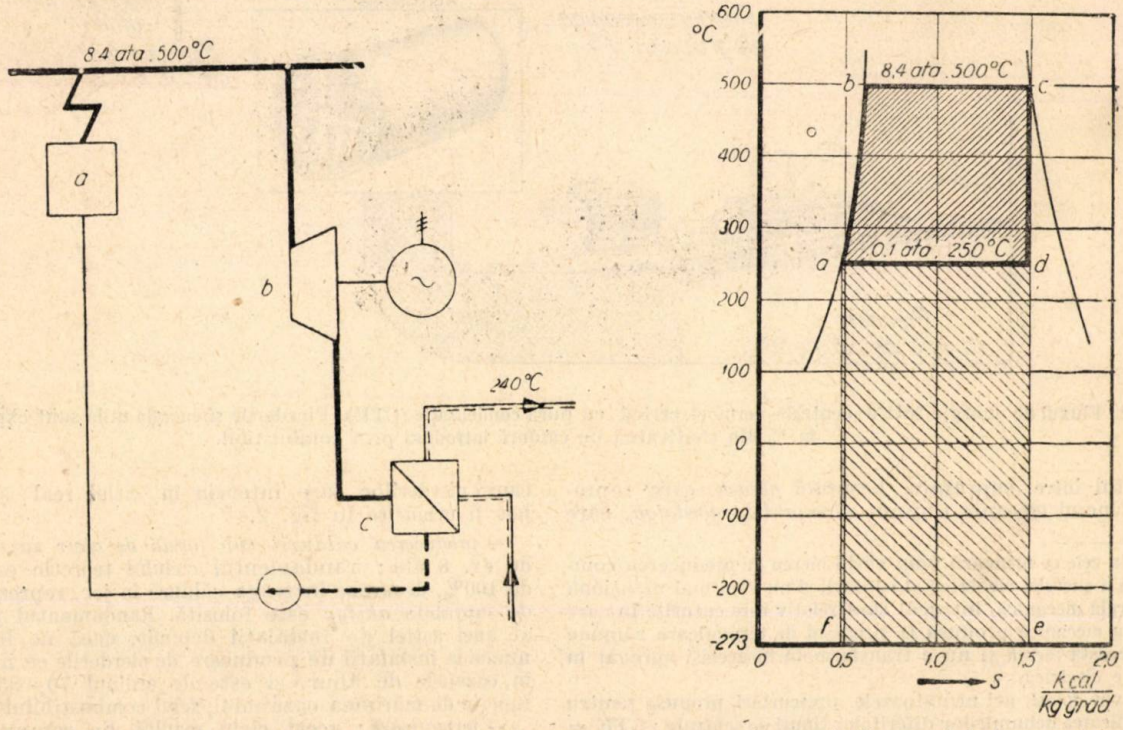


Fig. 3. Termoficare la temperatură înaltă cu ciclu de vapori de mercur. *a*) cazanul; *b*) grupul turbogenerator; *c*) condensatorul schimbător de căldură în care este încălzit agentul termic intermediar (aer).

agent termic în zona de temperaturi de 200—350°C, care poate fi cuprinsă la termoficare cu acest ciclu, la destinderea vaporilor de mercur în turbinele respective se mai obține o cotă importantă de energie mecanică sau electrică.

In fig. 3 s'a presupus o cerere de căldură la o temperatură de cca 240°C, care se poate satisface cu căldura ce se obține la condensarea vaporilor de mercur destinși în prealabil în grupul turbogenerator *b* și care în condensatorul *c* transmit această căldură aerului folosit ca agent intermediar în circuitul procesului tehnologic de înaltă temperatură. Se constată că, în timp ce vaporii de mercur au la temperatura de 250°C — trebue contat cu o diferență de temperatură de cca 10°C necesară transmiterii căldurii — o presiune de numai 0,1 ata, la această temperatură de saturație vaporii de apă au o presiune corespunzătoare de 34,1 ata; o contrapresiune atât de ridicată nu mai face interesantă o destindere prealabilă a aburului pentru obținerea concomitentă de energie electrică iar utilizarea de abur cu acești parametri ca agent purtător de căldură ar cere instalații costisitoare. Din aceste motive, termoficarea cu cicluri cu abur se limitează la cca 200°C. temperatură căreia îi corespunde o presiune de saturație de 15,8 ata. Tot în fig. 3 este redată și reprezentarea principială a ciclului termic în diagrama T—s, în care suprafața *abcda* reprezintă lucrul mecanic obținut la destinderea vaporilor de mercur, presupusă aci între 8,4 ata 500°C și 0,1 ata, iar suprafața *adefa* corespunde căldurii livrate consumatorului tehnologic.

Ciclurile turbinelor cu gaze permit termoficarea în două zone de temperaturi : o zonă superioară între 700 și 1500°C și una sub 300°C. In primul caz, căldura cu potențial înalt, obținută prin arderea combustibilului este folosită întâi pentru a încălzi până la temperatura înaltă dorită, agentul termic care alimentează consumatorul tehnologic, iar apoi gazele sunt introduse cu cca 700°C — temperatura admisă de posibilitățile actuale ale materialului paletelor — în turbină. A doua zonă de temperatură este dată de temperaturile ce se pot realiza prin folosirea gazelor după ieșirea din turbină (cca 300°C). In fig. 4 este schițat principial un ciclu de termoficare la înaltă temperatură cu ambele posibilități. Instalația constă dintr'o turbină cu gaze funcționând în circuit deschis : gazele rezultate din arderea combustibilului în camera de ardere *a* încălzesc agentul termic

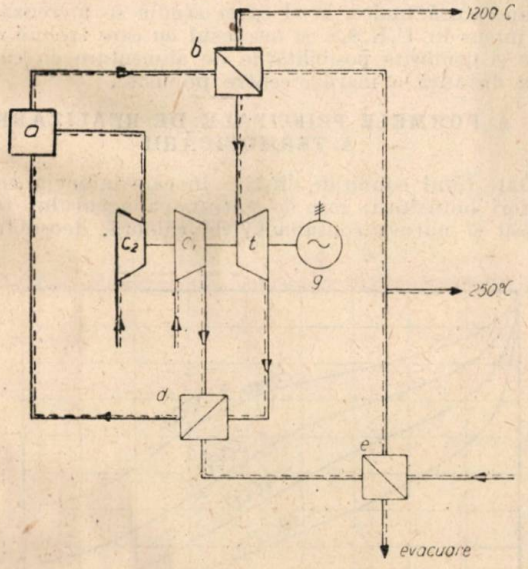


Fig. 4. Schema de principiu a termoficării la temperaturi înalte, folosind turbine cu gaze, care lucrează în circuit deschis

intermediar în schimbătorul de căldură *b* până la de ex. 1200°C, iar apoi sunt introduse în turbina de gaze *t*; la ieșirea din turbină ele sunt trecute prin preîncălzitorul *d*, în care mai cedează căldură aerului de combustiune, iar înainte de a fi evacuate în atmosferă mai trec prin schimbătorul de căldură *e*, care constitue prima treaptă de încălzire a agentului intermediar folosit pentru furnizarea căldurii. Ciclul permite deci alimentarea cu căldură la o temperatură de cca 250°C prin folosirea unei părți din agentul intermediar la ieșirea din preîncălzitorul *e*, și la o temperatură de cca 1200°C, după ce el a fost mai departe încălzit în *b*. Turbina de gaze *t* antrenează nu numai generatorul electric *g*, dar și compresorul c_1, pentru aerul de ardere și compresorul c_2 care comprimă la presiunea necesară combustibilul gazos folosit în această instalație.

In mod corespunzător se pot folosi, pentru termoficare la înaltă temperatură, instalații cu turbine cu gaze funcționând în circuit închis.

3. POSIBILITĂȚI ȘI LIMITE DE REALIZARE PRACTICĂ

Esențial pentru realizarea practică a termoficării este determinarea condițiilor în care se poate face combinarea celor două procese fără ca să apară repercusiuni nedorite, nici în ceeace privește calitatea și nici în ceeace privește condițiile economice, în care trebue să se desfășoare prestațiuni atât de importante ca alimentarea cu energie electrică sau alimentarea cu căldură.

In această privință, trebue constatat că majoritatea condițiilor limitative apar din partea alimentării cu căldură. Intr'adevăr, în timp ce energia electrică poate fi ușor transportată la distanțe mari, alimentarea cu căldură are raze de acțiune relativ limitate. In cazul termoficării la temperaturi înalte, temperatura înaltă a agentului termic cere, cel puțin în stadiul actual al tehnicii, legături cât mai scurte între centrala electrică de termoficare (CET) și instalațiile consumatoare de căldură. Termoficarea la temperaturi joase are raze de acțiune diferite, în funcție de agentul purtător de căldură. La folosirea aburului, distanțele de transport indicate sunt de ordinul 2—3 km, mergându-se în cazuri excepționale și până la 6—7 km. Apa caldă sau fierbinte se distribue în mod normal până la 6—7 km; instalații recente la Moscova și Harcov au mers chiar până la 12 km. In ultima vreme s'au propus însă scheme de transport până la 30—40 km, în scopul scoaterii centralelor de termoficare urbane din zona orașului; după recenta propunere a lui V. B. Pacșver (2) se pot lua în considerare în mod economic distanțe de transport până la 100 și chiar 200 km. Intrucât ultimele propuneri, deși foarte interesante și bine studiate, nu au trecut încă în faza de realizare, trebue să considerăm și raza de acțiune a transportului de căldură prin apă caldă sau fierbinte cel puțin deocamdată, ca destul de limitată.

In prezent, există deci o servitute geografică în ceeace privește amplasarea centralei de termoficare, care nu poate fi mai depărtată de câțiva km. de marii consumatori industriali alimentați cu abur, în timp ce consumul termic urban care, după cum se va vedea mai târziu, este deservit în special prin apă caldă sau fierbinte, permite distanțe ceva mai mari și susceptibile de a crește mult în viitor.

Al doilea element limitativ care derivă din condițiile specifice ale alimentării cu căldură, sunt variațiile mari ale cererilor unor anumiți consumatori termici și durata anuală relativ mică a folosirii energiei termice pentru încălzitul încăperilor. Dacă facem abstracție de cererile de căldură pentru scopurile tehnologice ale industriilor cu proces de fabricație neîntrerupt, o serie întreagă de cereri de căldură pentru fabricație au variații sensibile în timpul zilei, caracter intermitent sau chiar sezonier, ca de pildă cererile de căldură în industria zahărului a cărei campanie de lucru nu durează decât 3—5 luni pe an. Consumul de căldură pentru încălzitul încăperilor este și mai variabil, fiind în funcție de temperatura exterioară care se schimbă nu numai dela zi la zi în timpul perioadei reci, dar care variază sensibil și dela an la an, în funcție de factorii generali climatici. Acest consum încetează complet în perioada caldă a anului, adică timp de cca cinci luni.

Spre deosebire de consumul de căldură, consumul de energie electrică, care și el are variațiile sale specifice nu prezintă totuși variații atât de mari. Aceasta se datorește în afara structurii însăși a cererilor de energie electrică și unui factor global de simultaneitate mult mai favorabil; din cauza ușurinței de transport a ener-

giei electrice, numărul consumatorilor ce pot fi înglobaţi într'un sistem comun de alimentare este mult mai mare, iar în cadrul sistemului efectul suprapus al variaţiilor de consum conduce la o variaţie totală mai atenuată. Funcţionarea în paralel cu sistemul electric regional

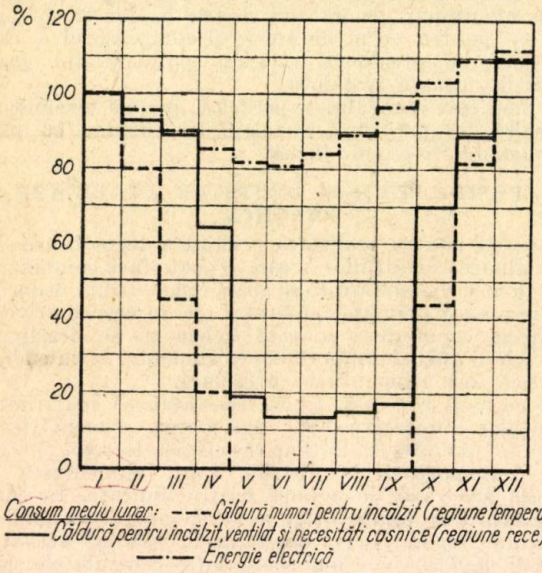


Fig. 5. Variaţia consumului mediu lunar al cererilor de căldură şi de energie electrică în cursul unui an.

respectiv, care la rândul său este interconectat cu sistemele regionale vecine, face ca din punctul de vedere al variaţiilor regimului electric, centrala electrică de termoficare să poată fi mult mai puţin solicitată, decât este posibil a se realiza în ceea ce priveşte cererea de căldură Iată cum prima servitute amintită, a razei de acţiune reduse a alimentării cu căldură, are repercusiuni şi asupra posibilităţilor de atenuare a variaţiei consumului termic, împiedicând efectul compensator ce apare în general în reţele întinse de distribuţie de orice natură.

Ca a doua concluzie rezultă deci constatarea unor variaţii importante atât în cererile de energie electrică dar mai ales în cele de energie termică, care prezintă pe lângă o serie de cereri constante şi cereri foarte variabile sau cu caracter sezonier.

Diferenţa principială a naturii variaţiilor cererilor de energie electrică şi de energie termică reiese din fig. 5, în care sunt trecute valorile consumului mediu lunar exprimate în % din valoarea lunii Ianuarie, atât pentru energia electrică cât şi pentru căldura cerută numai pentru încălzit încăperi într'o regiune temperată, respectiv căldura cerută pentru încălzit, ventilat şi necesităţi casnice într'o zonă mai rece. Mai concludente sunt în această privinţă curbele care redau consumul anual clasat de energie termică şi putere electrică şi pentru care în fig. 6 a şi 6 *b* sunt date câteva exemple caracteristice. Pentru o mai uşoară comparaţie, ordonatele sunt redate în % ale consumului maxim respectiv. In timp ce consumul de energie electrică este continuu şi are, în funcţie de natura consumatorilor din sistemul respectiv, o durată anuală medie de utilizare a puterii maxime de 3000—6000 h, remarcăm în ceea ce priveşte consumul termic: caracterul continuu al cererii de căldură pentru anumite procese tehnologice (curba 4), caracterul sezonier al cererii unor anumite industrii, ca de ex. cea a zahărului (curba 3), caracterul nu numai sezonier, dar şi foarte variabil al cererii de căldură pentru încălzitul încăperilor într'o regiune cu climă temperată (curba 1) respectiv pentru o regiune rece (curba 2), în timp ce curba 5 redă un consum mixt de căldură pentru încălzit şi procese de fabricaţie cu consum termic variabil.

In ceea ce priveşte raportul cantitativ dintre necesităţile de căldură şi cele de energie electrică, primele au încă o pondere mult mai mare în stadiul actual al economiei energetice. Din această cauză, dacă nu ar interveni condiţiile limitative menţionate, s'ar putea merge cu aplicarea termoficării până la a produce în acest regim întreaga cantitate de energie electrică necesară. Totuşi practic trebue ţinut seama că din necesităţile de căldură, o mare parte, şi anume aproximativ 50% din nevoile de căldură pentru procese tehnologice, este căldură de potenţial ridicat, care nu ar putea fi satisfăcută decât prin termoficare la temperaturi înalte. Ori cum această termoficare nu a depăşit deocamdată faza de cercetări şi experimentare, rezultă că posibilităţile practice de realizare sunt deocamdată limitate în domeniul termoficării de joasă temperatură.

Iată cum din anumite limite specifice alimentării cu căldură, derivă o serie de condiţii ce trebue neapărat avute în vedere în cercetarea posibilităţilor practice de realizare a termoficării. Aceste condiţii acum încă limitative, în special în ceeace priveşte întinderea geografică a regiunilor de alimentat, oferă însă posibilităţi excepţionale desfăşurării muncii creatoare a proiectanţilor energetici în ceea ce priveşte găsirea soluţiilor celor mai interesante din punct de vedere tehnic şi economic, atât în prezent cât şi mai ales pentru viitor. Şi este îndeosebi de relevat domeniul încă absolut deschis în ceea ce priveşte aplicarea termoficării la temperatură înalte, la al cărei studiu se lucrează atât de intens în U.R.S.S. şi interesul cu care trebue cercetate şi urmărite posibilităţile de alimentare cu căldură dela distanţă a marilor centre populate.

4. FORMELE PRINCIPALE DE REALIZARE A TERMOFICĂRII

Date fiind condiţiile diferite în care intervin cei doi factori hotărîtori, raza de acţiune a agentului termic folosit şi natura consumului de căldură, deosebim, în

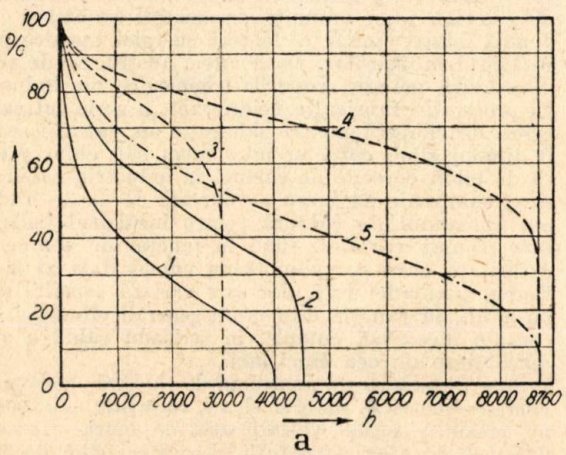


Fig. 6 . Curbele anuale clasate pentru diferite feluri de consum de căldură.

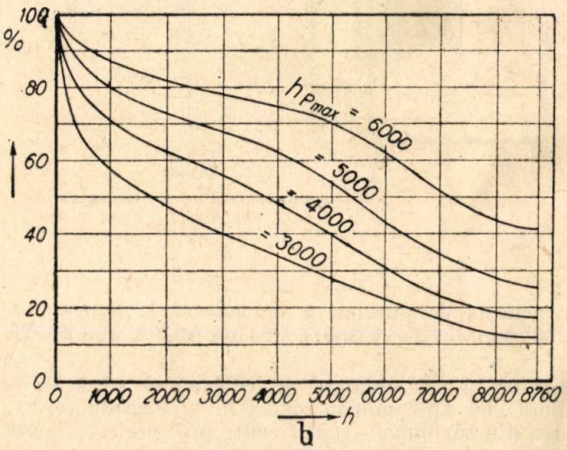


Fig. 6 *b*. Curbele puterilor electrice clasate pentru diferite valori ale duratei de utilizare a puterii maxime.

ceea ce privește determinarea soluțiilor practice de realizare a termoficării, două forme de bază :

a) termoficarea industrială și

b) termoficarea urbană

adică o grupare după natura consumului principal de căldură. De fapt, orice consum tehnologic de căldură implică și un consum pentru încălzitul încăperilor, cel puțin a celor administrative și a locuințelor personalului, și invers, consumului pentru încălzirea încăperilor i se adaugă în cele mai multe centre și un consum pentru acoperirea nevoilor tehnologice ale unor industrii locale. De aceea, această grupare s'a făcut după natura consumului principal, adică a celui care prin ponderea sa determină natura soluțiilor. Nu sunt excluse însă cazuri, ca de ex. alimentarea concomitentă cu căldură a proceselor tehnologice a unui mare combinat și a coloniei sale muncitorești, — care din cauza mărimii combinatului reprezintă un adevărat oraș cu toată gospodăria comunală respectivă — când cele două consumuri de căldură sunt aproape egale și constitue împreună o concentrație de consum deosebit de interesantă din punct de vedere al termoficării. Putem cita aci cazul unuia din marile combinate metalurgice din U.R.S.S., care necesită pentru scopurile sale tehnologice 200 t/h abur, în timp ce pentru nevoile coloniei sale muncitorești nevoia de căldură corespunde la 300 t/h. Centrala electrică de termoficare corespunzătoare are o putere instalată de 125.000 kW și poate satisface cereri de căldură corespunzând până la 500 t/h abur. Și pentru a nu lăsa impresia, că s'au citat cifre limită, mai menționăm și exemplul unei fabrici de automobile, tot din U.R.S.S., cu o cerere de abur pentru scopuri industriale de 650 t/h și de alte 650 t/h pentru orașul său muncitoresc (3).

Cu toate că practic cele două feluri de consumuri de căldură apar aproape totdeauna împreună și, după cum am văzut, sunt cazuri în care sunt și de aceeași ordine de mărime, totuși mai este încă indicat a deosebi pentru considerațiile noastre, cel puțin o bucată de vreme, cele două forme de bază : termoficarea *industrială* și termoficarea *urbană*, lăsând în seama desvoltării viitoare o eventuală altă clasificare. În acest sens vom analiza, în cele ce urmează, formele principale de realizare a termoficării.

a) TERMOFICAREA INDUSTRIALĂ

Intrucât termoficarea la temperaturi înalte nu a depășit deocamdată faza de cercetare și experimentare, ne vom ocupa aci numai de principalele forme de realizare a termoficării industriale la temperaturi joase. Agentul purtător de căldură este în aceste instalații în general aburul și numai în cazuri excepționale se folosește și apa fierbinte pentru nevoile tehnologice de căldură. Totuși, cum industriile au concomitent și cereri de căldură pentru încălzit, apare pe lângă nivelul de temperatură necesar proceselor tehnologice și o cerere de căldură la temperatură mai mică, care se satisface fie cu abur de 1 — 1,5 ata fie cu apă caldă sau fierbinte.

Aburul fiind însă principalul agent termic folosit, rezultă că depărtarea dintre centrala de termoficare și consumatorul industrial nu poate trece de câțiva km. De aci necesitatea de a amplasa laolaltă centrala electrică de termoficare și marii consumatori industriali de căldură. Dar atât centrala electrică de termoficare cât și întreprinderea industrială au anumite condiții minimale de îndeplinit în ceea ce privește amplasamentul. Dintre acestea menționăm ca deosebit de importante pentru CET : poziția față de sursele de combustibil folosit, disponibilitățile de apă de răcire, poziția față de consumatorii principali din sistemul electroenergetic în care ea se încadrează și considerente de teren. Pentru întreprinderile industriale, pe lângă condițiile de teren au un rol însemnat și considerentele tehnico-economice dictate de procesul tehnologic și de sursele de materii prime precum și considerente de disponibilități de mână de lucru, repartizare generală teritorială potrivită, etc.

Din această cauză, problema găsirii unui amplasament comun corespunzător este o problemă foarte complexă, dar care își poate găsi în condițiile economiei socialiste o justă rezolvare din punctul de vedere al interesului economic general. In aceastăă privință trebue cercetate, în ordinea de preferință indicată mai jos (care rezultă din considerente tehnico-economice ce se vor expune) următoarele soluții posibile :

1. Amplasarea consumatorului industrial în raza de acțiune a unei CET-regionale, care ar mai avea disponibilități de livrare de căldură sau care printr'o extindere corespunzătoare ar putea prelua acoperirea noului consum.

2. Amplasarea consumatorului industrial împreună cu o CET-regională într'o regiune potrivită pentru ambele părți și care să permită (pe cât posibil dela început sau în viitor), și așezarea altor industrii în apropiere, pentru a se crea o concentrare de consum termic.

3. Dacă niciuna din soluțiile de mai sus nu este posibilă, și acest lucru este bine dovedit, atunci trebue renunțat la avantagiile tehnice și economice proprii alimentării dintr'o mare CET-regională și rămâne de construit o CET-industrială pentru deservirea industriei respective. Și în acest caz se va cerceta, dacă nu se mai pot grupa în apropiere și alte industrii în scopul de a asigura și pentru această CET un consum termic cât mai mare. În cazul realizării unei CET-industriale, se va alege în general grupuri cu contrapresiune și numai în cazuri speciale se vor instala turbine cu condensație și prize.

Avantagiile soluției 1 sunt evidente, prin faptul că aceasta permite fie folosirea unei capacități de producție încă libere, fie obținerea plusului de capacitate necesar cu cheltueli de investiții mai mici decât instalarea unei noi CET. Investițiile sunt în acest caz mai reduse, deoarece costul specific al instalațiillr este mai mic la extinderi decât la construcții noui dacă grupurile energetice sunt de aceeași ordine de mărime și pentrucă prin folosirea în comun a rezervei instalației existente se evită instalarea altor grupuri de rezervă. Această soluție are și cheltueli anuale de exploatare mai mici, întrucât prin concentrarea într'o singură unitate se realizează importante economii de personal și de administrație.

Soluția 2 prezintă la rândul ei avantagii importante față de soluția 3. Este bine a se insista asupra lor, deoarece, din lipsă de informare corespunzătoare, unii tehnologi din diferitele industrii mari consumatoare de căldură sunt înclinați să prefere soluția de tipul 3, pe care au impresia că pot conta mai mult fiind vorba de unități înglobate complexului industriei respective. O astfel de poziție nu este numai greșită din punct de vedere al condițiilor de exploatare, dar prin felul îngust de a judeca problema, adică ruptă de ansamblul energetic, ea poate conduce la soluții mult mai puțin economice din punct de vedere al economiei generale. Intr'adevăr, soluția 2 are față de soluția 3 avantagii atât din punctul de vedere al mărimii investițiilor inițiale cât și din cel al cheltuelilor anuale. Pentru a le pune mai ușor în evidență, să urmărim în fig. 7 trei soluții caracteristice pentru alimentări industriale cu energie electrică și căldură.

Fig. 7.a reprezintă alimentarea separată cu energie electrică și căldură a unei industrii ; aburul tehnologic este furnizat de o centrală termică (CT) la presiunea cerută, de ex. 8 ata, iar energia electrică este preluată din rețeaua generală. După cum se vede, s'a exclus eventualitatea producerii ei în instalații termoelectrice cu condensație proprii deoarece în condițiile economiei socialiste, realizarea unei astfel de instalații nu este acceptată decât în cazuri cu totul excepționale, de ex. când ar fi în joc unități foarte mici și care s'ar monta departe de rețeaua electrică generală. In figură este indicată și o centrală termoelectrică cu pură condensație, care reprezintă sursa principală și cea mai apropiată a sistemului electroenergetic și care produce puterea P_c la un consum orar de combustibil Q_{oc}. Consumul orar de combustibil al CT este Q_{oi}.

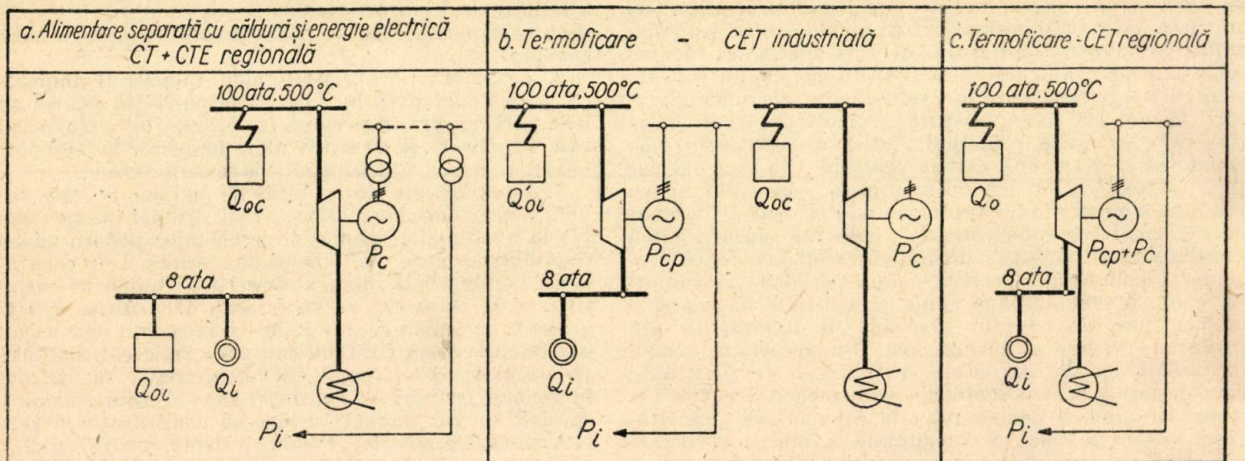
Fig. 7 b reprezintă o soluție de tip 3, în care în grupul cu contrapresiune de 8 ata al CET-industriale se destinde aburul înainte de a merge la consumatorul tehnologic, producând puterea electrică P_{cp}. Concomitent în CTE-regională se produce în pură condensație puterea electrică P_c. Consumul orar de combustibil al CET-industriale este : Q_{oi} iar al CTE-regionale este Q_{oc}.

Fig. 7 c reprezintă soluția 2, în care grupuri de condensație cu priză de abur la 8 ata satisfac concomitent

nevoile de abur și energie electrică ale industriei și pe cele de energie electrică ale sistemului regional. Consumul orar de combustibil al CET-regionale este Q_c iar puterea electrică produsă $P_{cp} + P_c$.

iar cel mai mare, cum era de așteptat, în varianta *a* în care nu se aplică termoficarea.

Economia de combustibil realizată de varianta *c* față de varianta *b* este



	a. Alimentare separată cu căldură și energie electrică CT + CTE regională	b. Termoficare - CET industrială	c. Termoficare - CET regională
Randamentul cazanelor	η_{oi} resp. η_{oc}	η'_{oi} resp. η_{oc}	η_o
Randamentul grupurilor turbogeneratoare	η_t	η'_t „ η_t	η''_t
Consumul total de combustibil *)	$Q_{oi}+Q_{oc}+Q_{oc}\frac{P_{cp}}{P_c}$	$Q'_{oi}+Q_{oc}$	$Q_o = Q'_{oi}\frac{\eta'_{oi}\cdot\eta'_t}{\eta_o\cdot\eta''_t}+Q_{oc}$

*) In ipoteza simplificatoare $\eta_{oc}=\eta_o$ și $\eta_t=\eta''_t$

Fig. 7. Soluții caracteristice pentru alimentarea industriei cu energie electrică și căldură

Să comparăm cele trei soluții în ceea ce privește:
— consumul total de combustibil;
— valoarea investițiilor;
— cheltuielile anuale de exploatare.

Din punct de vedere al consumului total de combustibil. Pentru a ușura comparația, s'au făcut în cazul de față câteva ipoteze simplificatoare:

— randamentele grupurilor turbogeneratoare din CTE-regională și CET-regională se presupun egale, adică $\eta_t = \eta''_t$, ceeace în realitate nu este totdeauna cazul, putând apare diferențe în ambele sensuri în funcție de mărimea și tipul instalațiilor. In condiții egale, de cele mai multe ori $\eta''_t > \eta_t$ din cauza condițiilor termodinamice mai favorabile;

— randamentele cazanelor din centralele regionale ar fi egale, adică $\eta_{oc} = \eta_o$, ceeace corespunde la unități egale. De multe ori însă $\eta_o > \eta_{oc}$ deoarece din cauza debitelor de abur mult superioare, cazanele din CET-regionale sunt deobicei mai mari;

— puterea obținută din destinderea aburului în grupul de contrapresiune ar fi egală cu cea obținută din destinderea aburului destinat consumului tehnologic în turbine cu condensație și priză; în realitate din cauza randamentelor mai bune, în varianta *c* se obține o putere mai mare, ceeace economisește o diferență corespunzătoare de putere de produs în pură condensație;

— puterea totală electrică în toate cele 3 varianta este aceeași și anume $P_{cp} + P_c$, puterea P_{cp} aferentă aburului tehnologic livrat fiind completată în variantele *b* și *c* prin puterea de condensație P_c produsă în CTE-regională, respectiv chiar în CET. In prima variantă s'a presupus pe lângă P_c trecut în figură, că o putere egală cu P_{cp} trebue produsă în plus în altă CTE cu pură condensație, în care scop se consumă orar în plus o cotă corespunzătoare de combustibil $Q_{oc}\cdot\frac{P_{cp}}{P_c}$.

In aceste ipoteze simplificatoare, rezultă că cel mai mic consum global de combustibil apare în varianta *c*,

$$(Q'_{oi} + Q_{oc}) - Q_o = Q'_{oi} + Q_{oc} - Q'_{oi}\frac{\eta'_{oi}\,\eta'_t}{\eta_o\cdot\eta''_t} - Q_{oc} =$$

$$= Q'_{oi}\left(1 - \frac{\eta'_{oi}\,\eta'_t}{\eta_o\cdot\eta''_t}\right)$$

Ținând seama de diferențele relativ mici posibile între diferitele randamente, economia de combustibil este de ordinul a câteva procente.

In schimb, economia de combustibil între soluția optimă de termoficare (varianta *c*) și alimentarea separată cu căldură și energie electrică este

$$Q_{oi} + Q_{oc} + Q_{oc}\frac{P_{cp}}{P_c} - Q_o =$$

$$= Q_{oi} + Q_{oc} + Q_{oc}\frac{P_{cp}}{P_c} - Q'_{oi}\frac{\eta'_{oi}\,\eta'_t}{\eta_o\cdot\eta''_t} - Q_{oc} =$$

$$= Q_{oi} + Q_{oc}\frac{P_{cp}}{P_c} - Q'_{oi}\frac{\eta'_{oi}\,\eta'_t}{\eta_o\cdot\eta''_t}$$

Ea este, dacă ceilalți parametri sunt constanți, cu atât mai mare cu cât cota de putere obținută în contrapresiune în CET regională este mai mare față de puterea produsă de condensație.

Din punct de vedere al investițiilor. Stabilirea exactă a diferențelor de investiții între diferitele soluții nu este o operațiune ușoară, deoarece pentru a avea ezultate comparabile, toate soluțiile trebue aduse la aceeași bază, adică să fie considerate în fiecare caz toate investițiile necesare acoperirii sarcinii termice date și producerii aceleiași puteri respectiv energii electrice totale. Pentru orientarea generală urmărită în cadrul de față, sunt totuși suficiente unele constatări care rezultă din reprezentarea schematică din fig. 8 și anume:

Varianta *c*, adică soluția de tipul 2, are desigur investițiile totale cele mai reduse. Aceasta rezultă pe de o parte

din concentrarea producerii aburului într'o singură sală de cazane şi pe de altă parte, din concentrarea producerii energiei electrice în unităţi mai puţine şi mai mari. Se realizează economii importante care se datoresc : instalării de cazane de abur foarte mari, caracterizate prin cost mai mic pe unitatea de debit, reducerii rezervei necesare prin instalarea numai a unui singur cazan de rezervă, concentrării în aceeaşi unitate turbogeneratoare a producerii puterii P_{cp} şi P_c pentru care altfel

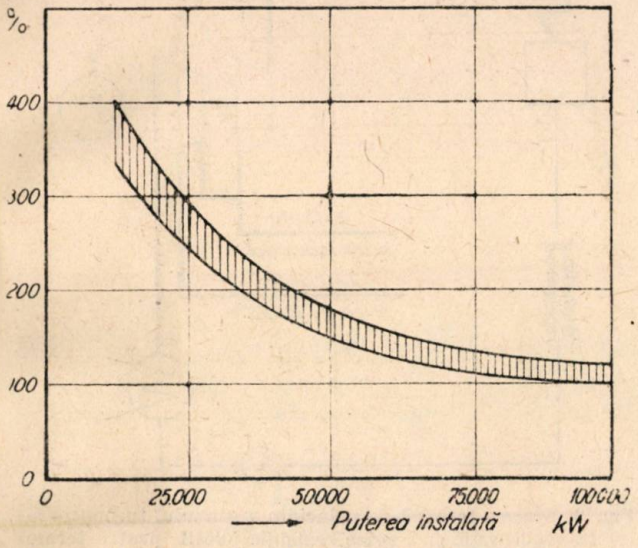


Fig. 8. Variaţia procentuală a costului CTE pe kW instalat în funcţie de mărimea centralei.

se necesită grupuri separate, cât şi faptul că întreg ansamblul corespunzător de clădiri — cu caracter tehnic, administrativ, social şi locuinţe — devine mai ieftin prin concentrarea ce rezultă din folosirea în comun.

Varianta *b*, adică soluţia de tipul 3, are investiţii mai mari decât cele ale soluţiilor de tipul 2, deoarece implică realizarea, pentru acelaş obiectiv global — consum termic Q_i şi puterea electrică $P_{cp} + P_c$ — a două centrale diferite, o CET industrială şi o CTE regională cu pură condensaţie. Diferenţa de investiţii ce rezultă din această cauză este foarte importantă, la un consum termic industrial de 200 t/h abur şi o putere totală de 125.000 kW, varianta *b* necesitând de ex. investiţii cu cca 30% mai mari.

Varianta *a*, adică alimentarea separată cu căldură şi energie electrică, nu poate fi comparată cu celelalte variante decât dacă se ţine seama că pe lângă costul centralei termice trebue adăugat şi costul corespunzător al unei CTE regionale în care, pe lângă puterea P_c, se produce în pură condensaţie şi puterea P_{cp}. In aceste condiţii, investiţiile acestei soluţii sunt încă sensibil mai mari decât cele din varianta *c* şi întrec deobicei şi pe cele din varianta *b*.

Din punct de vedere al cheltuelilor anuale de exploatare. Şi din acest punct de vedere varianta *c* este cea mai avantajoasă, deoarece pe lângă faptul că, datorită unor investiţii iniţiale mai mici, are cote anuale de amortizare mai reduse, ea mai beneficiază şi de cheltuelile de combustibil cele mai reduse şi în plus, din cauza concentrării exploatării, are şi cheltuelile curente — de întreţinere, exploatare şi personal — cele mai mici.

Varianta *b* este la rândul ei mult superioară din acest punct de vedere variantei *a* prin ponderea mare a economiei de combustibil a soluţiilor de tip 3 faţă de producerea separată de căldură şi energie electrică.

Aceste consideraţii asupra principalelor forme de realizare ale termoficării industriale ar fi incomplecte, dacă nu ar lua poziţie şi faţă de o altă variantă de realizare a soluţiilor de tip 3, adică a CET industrială cu turbine cu condensaţie şi prize. In această categorie nu intră acele mari centrale electrice de termoficare care, deservind combinate industriale cu cereri foarte mari nu numai de căldură dar şi de energie electrică, se amplasează la combinatele respective şi care în ceeace priveşte mărimea şi funcţiunea lor nu se deosebesc cu nimic de CET regionale. Nu acestea sunt în discuţie, căci ele se clasează în mod evident ca soluţii de tipul 2. In schimb, trebue discutată oportunitatea economică a realizării unor CET industriale cu unităţi cu condensaţie şi prize cu o putere de numai câteva mii de kW.

In condiţiile economiei capitaliste, întreprinderea industrială consumatoare de căldură încearcă deseori a se face independentă de condiţiile de furnizare şi în special de preţul ridicat de vânzare al energiei din reţelele marilor întreprinderi de producere şi transport de energie electrică şi îşi instalează unităţi mici cu condensaţie şi prize.

In condiţiile economiei socialiste lucrurile trebue privite numai prin prisma interesului general. Când considerente speciale nu permit aplicarea unei soluţii de tip 2 ca cea mai avantajoasă, atunci CET industrială de tipul 3 trebue realizată numai cu unităţi de contrapresiune, deoarece orice putere instalată ca putere în condensaţie în unităţile mici ale CET industriale costă specific mult mai scump decât în unităţile mari ale CTE regionale. De exemplu, din fig. 8 care redă în mare variaţia procentuală a costului de investiţie pe kW instalat în CTE de diferite mărimi (4), rezultă că puteri instalate în centrale de câteva mii de kW costă între 2 şi de 3 ori mai scump decât cele instalate în centralele de 100.000 kW luate aci ca reper. Dar pe lângă aceasta, randamentul marilor unităţi din CTE regionale este mult superior părţii de condensaţie a micilor grupuri aci discutate, astfel încât folosirea acestora înseamnă şi un plus de consum de combustibil apreciabil.

A insista pe această cale, înseamnă a comite din punct de vedere energetic greşeli la fel de grave ca cele de a alege soluţii de tip 3 când s'ar putea realiza soluţia 2. După cum sunt însă dese cazurile în care din motive tehnologice şi alte consideraţii economice trebue să se adopte totuşi soluţia unei CET industriale — însă cu contrapresiune — sunt cazuri în care sunt îndreptăţite şi CET industriale de puteri mici cu grupuri de condensaţie şi prize. Aceste cazuri sunt însă foarte rare şi dacă excludem cazurile în care la puteri mici nu ar fi posibilă o racordare la reţeaua electrică generală din cauza distanţelor mari, rămân numai cazurile în care procesul de fabricaţie respectiv cere un minimum de putere de siguranţă atunci când alimentarea din sistem s'ar întrerupe din cauza unui defect trecător şi fără de care o parte din producţie ar fi pierdută (de ex. îngheţarea instalaţiilor unei băi de electroliză, etc.). Dar şi în astfel de CET industriale, grupurile turbogeneratoare nu trebue să producă în mod normal altă energie electrică decât cea aferentă consumului de abur acoperit din prize.

Mai este necesar a se atrage în această ordine de idei atenţiunea asupra unor posibilităţi de ameliorare a randamentului energetic global al acestui proces complex, care depind de colaborarea consumatorilor industriali alimentaţi, ca de ex. :

— scăderea presiunii aburului livrat la valoarea minimă necesară procesului tehnologic, pentruca la aceiaşi parametri ai aburului viu să se obţină din destinderea sa o putere electrică cât mai mare ;

— ameliorarea gospodăriei condensatului aburului folosit în vederea unei cote cât mai mari de recuperare, ceeace ridică economia termică şi reduce în acelaş timp şi necesităţile de apă de adaos ;

— organizarea lucrului în diferitele secţii astfel încât să rezulte o repartiţie cât mai uniformă a cererilor de căldură.

Aceste măsuri se pot lua relativ uşor în cadrul unei bune gospodăriri energetice iar efectele lor economice recompensează larg efortul organizatoric depus.

b) TERMOFICAREA URBANA

După cum am arătat, în cazul termoficării urbane predomină acoperirea cererilor de căldură pentru încălzit, însă concomitent sunt de acoperit şi alte nevoi de căldură ale marilor centre locuite care derivă din cerinţele unui nivel de trai mai ridicat şi a unui confort sporit : apă caldă curentă, ventilat şi condiţionare de aer, la care se adaugă consumul tehnologic al industriilor plasate în sectoarele respective, în general din categoria industriei uşoare şi alimentare.

Baza economică a termoficării urbane o constitue tot economia de combustibil care se poate realiza prin producerea combinată a energiei termice necesară alimentării urbane și a energiei electrice, însă pe lângă această latură economică un factor hotărîtor îl constitue și preocuparea asigurării unor condiții mai bune de trai în marile aglomerațiuni. De aceea, în formele practice de realizare, și această mai ales în U.R.S.S. care este prima țară din lume și în ceea ce privește termoficarea urbană, se recunoaște influența ambilor factori.

Intre termoficarea industrială și cea urbană, sau mai exact între acoperirea consumului de căldură pentru scopuri tehnologice și a celui urban, există la acelaș proces calitativ, trei aspecte cantitative diferite, care prin efectele lor economice determină condițiile caracteristice de realizare ale termoficării urbane. Acestea sunt :

— din cauza temperaturii mai joase la care este necesară căldura pentru încălzit și pentru prepararea apei calde, aburul corespunzător poate fi destins în grupurile turbogeneratoare din CET până la o presiune mai joasă, deobicei 1,2—2,5 ata ; aceasta are ca urmare, după cum ușor se poate constata din diagramele *T-s* și *i-s*, obținerea unei puteri electrice mai mari din fiecare kg de abur destins, sporul de putere în instalații de 100 ata 500°C fiind de cca 50% dacă aburul e destins până la 1,2 ata în loc de 8 ata ;

— din cauză că în perioadele calde ale anului consumul pentru încălzit dispare și rămâne numai un consum de căldură restrâns pentru pregătirea apei calde și ventilat, energia electrică ce se poate obține anual din destinderea aburului destinat acoperirii consumului urban este mult mai mică ; adică efectul orelor de utilizare mai reduse are o pondere mai mare decât plusul de putere ce se obține din destinderea mai avansată a aburului ;

— economia de combustibil ce se poate obține din concentrarea producerii căldurii în marile cazane din CET, față de consumul multelor mii de cazane de încălzire separată înlocuite, este mult mai mare decât cea care se poate obține în mod corespunzător la termoficarea industrială, deoarece micile cazane din clădiri funcționează cu randamente sensibil inferioare randamentelor cazanelor din CT industriale.

In timp ce economia de combustibil realizabilă prin concentrarea producției de căldură în mari unități și puterea electrică mai mare ce se poate obține dintr'o destindere mai avansată a aburului constitue elementele pozitive pentru aplicarea termoficării urbane, durata anuală de utilizare relativ redusă a căldurii pentru încălzit, fac ca justificarea economică a acest i forme de termoficare să depindă mult de condițiile geografice și climatice ale centrelor respective.

Din cauza duratei de utilizare relativ reduse a consumului termic urban, formele de realizare practică ale CET urbane sunt în cea mai mare parte combinații de grupuri turbogeneratoare cu condensație și priză. Este lesne de înțeles tendința de a adăuga unei turbine, și așa construită pentru o destindere mult mai avansată a aburului și o parte de condensație cu care să se poată obține și în timpul perioadelor calde ale anului întreaga putere electrică care corespunde capacității sălii cazanelor.

Cum în orașe mai trebue acoperit și consumul industrial de care s'a vorbit, este necesar să se dispună și de abur la o presiune mai mare. Din aceste motive s'a cristalizat în tehnica sovietică (4) folosirea pentru CET-urbane a turbinelor cu condensație și două prize reglabile : o priză așa numită industrială a cărei presiune poate fi 8—13 ata și așa numita priză de încălzire cu presiunea dela 1,2 la 2,5 ata (v. fig. 9).

Mai este de semnalat calea acoperirii consumului de încălzit prin folosirea unor turbine cu condensație puse să funcționeze în regim cu vid înrăutățit. Condensatorul turbinei — construit special în acest scop sau corespunzător modificat — se intercalează direct în circuitul rețelei de încălzire și servește ca schimbător de căldură între aburul care condensează și apa din rețea. Vidul se înrăutățește dat fiind necesitatea de a încălzi apa la o temperatură suficient de ridicată. Și la această metodă se recunoaște tendința de a folosi pentru termoficarea urbană instalații care să poată fi utilizate și în perioadele calde ale anului pentru producerea de energie electrică prin funcționare în regim cu condensație. Acest sistem are însă desavantajul că în timpul perioadei de încălzit puterea electrică a grupului scade din cauza înrăutățiri vidului sub puterea nominală adică apare o reducere de putere tocmai iarna când puterea electrică cerută este maximă. Avantajul principal al acestei metode este însă că oferă o posibilitate de a folosi pentru termoficare grupuri existente de pură condensație, posibilitate care poate fi interesantă în anumite împrejurări speciale.

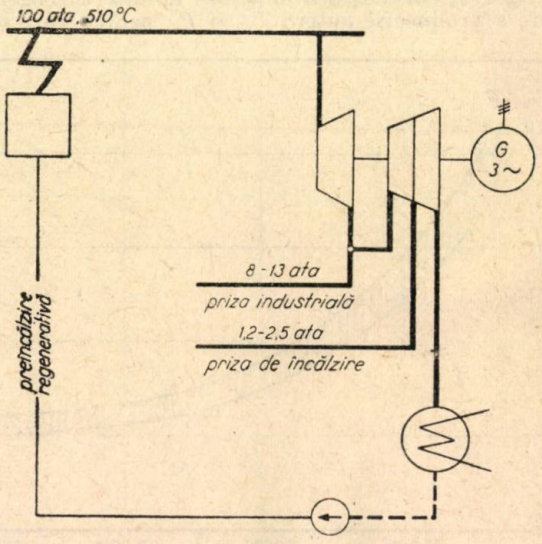


Fig. 9. Schema termică de principiu a grupului turbogenerator cu condensație și 2 prize reglabile folosit pentru termoficarea urbană.

Pe lângă aspectele mai sus examinate, mai există un aspect interesant al termoficării urbane. Ea constitue și un mijloc de schimbare structurală a consumului de combustibil în linia unei juste politici energetice, întrucât prin aplicarea ei se poate trece dela consumul de combustibil superior specific instalațiilor separate de încălzire, la acoperirea acestor nevoi prin arderea de combustibil inferior. Un exemplu edificator în această privință îl constitue înlocuirea în centrul Moscovei a cca 3000 de cazane de încălzire care funcționau : 68% cu antracit superior din Donet, 16% cu păcură și 16% cu lemne de foc, prin racordarea la rețeaua termică alimentată din CET urbane în care căldura se produce din combustibili inferiori cu un randament de cca 80% față de randamentul mediu de 48% al cazanelor individuale.

Raza de acțiune actuală de până la 8—12 km a agentului termic folosit în cea mai mare parte (apă fierbinte de 130 — 150 °C) permite cuprinderea unui consum urban destul de important în centrele cu mare densitate de clădiri. Totuși, desvoltarea c ntinuă a consumului urban lasă să se întrevadă, pentru epoca în care se va atinge un grad foarte înalt de termoficare, o serie de dificultăți de ordin cantitativ și unele efecte contrarii dorinței de ameliorare a condițiilor igienice din marile centre. Astfel puterea crescândă a CET — urbane va conduce la creșterea cantităților de combustibil transportate în oraș și deci la dificultăți în ceeace privește traficul feroviar, depozitele de combustibil, manipularea cenușii și reținerea cenușii volante din gazele de ardere, etc. Pentru evitarea acestor dificultăți se studiază acum scoaterea CET — urbane din orașe, ceeace face însă necesar mărirea razei de acțiune a termoficării urbane până la cca 30 km. Deasemeni este de menționat importanța recentei propuneri a lui Pacșver (...) pentru alimentarea orașelor cu căldură dela mari distanțe (100 200 km), ceeace ar face să dispară pentru termoficarea urbană și pentru termoficarea care poate folosi ca agent termic apa fierbinte, marea servitute a razei de acțiune limitate și ar deschide vaste posibilități unor forme de termoficare energetic mult superioare.

5. CONCLUZII

Continua creştere a cererilor de energie şi ritmul de creştere din ce în ce mai accentuat, cere o deosebită grijă şi prevedere pentru acoperirea lor în condiţiuni satisfăcătoare. Din cauză că aportul energiei hidraulice — cu tot efortul depus pentru sporirea amenajărilor, ca de ex. marile construcţii ale comunismului din U.R.S.S., — este şi va mai rămâne în viitorul apropiat încă relativ redus în cadrul balanţei energetice globale, pentrucă folosirea energiei eoliene se află încă la început şi pentrucă în actualul stadiu al tehnicei nici folosirea energiei nucleare nu poate interveni pe scară mare, aproape toată sarcina satisfacerii cererilor de energie revine combustibililor. Pe de altă parte însă combustibilii încep să devină o materie primă din cele mai interesante, în special pentru industria chimică. Rezervele fiind limitate şi cererile mereu crescânde, se impune o mai bună gospodărire în folosirea acestei importante resurse a economiei generale.

In linia acestor preocupări, tehnica sovietică a iniţiat şi desvoltat acţiunea cunoscută sub denumirea de combinarea energo-tehnologică a proceselor de producţie, cu scopul folosirii complexe a combustibililor atât pentru satisfacerea nevoilor energetice de orice natură cât şi a cererilor corespunzătoare ca materie primă. Una din formele principale a combinării energo-tehnologice a proceselor de producţie o constitue termoficarea, adică producerea combinată de energie electrică şi căldură. Ea se realizează în două forme de bază : termoficarea industrială şi termoficarea urbană, ambele având avantaje economice importante, atât în ceeace priveşte economia de investiţii cât şi economia de combustibil ce se poate obţine faţă de producerea separată de energie electrică şi căldură. Realizarea practică a termoficării cere însă respectarea unor anumite principii tehnice şi economice şi renunţarea la felul îngust de a privi soluţiile numai prin prisma intereselor limitate ale unei întreprinderi sau ramuri economice. Condiţiile economiei socialiste oferă termoficării posibilităţi excepţionale de desvoltare, ceeace explică şi dece în U.R.S.S. s'a atins în această privinţă stadiul cel mai înaintat din lume.

Avantagiile economice ce se pot obţine prin termoficare şi care au fost expuse în acest cadru, trebue să constitue un imbold deosebit pentru introducerea pe o scară cât mai largă a acestei forme superioare de gospodărire a combustibililor şi în ţara noastră. Inceputul făcut în această privinţă în cadrul planului de electrificare şi al planului cincinal este foarte promiţător, dar acţiunea poate fi încă mult lărgită în condiţiile favorabile ale desvoltării industriei şi marilor noastre centre populate.

In acest scop trebue să folosim din plin bogata experienţă a tehnicei sovietice care a dus termoficarea la o desvoltare atât de mare, dar să studiem în acelaş timp temeinic condiţiile specifice de aplicare în ţara noastră. Trebue stabilită şi întărită legătura între tehnologi şi energeticieni în vederea unei mai bune înţelegeri a condiţiilor de aplicare a termoficării industriale, adică trebue realizată o îmbinare şi între activitatea tehnicienilor de specialitate de felul celei care dă rezultate atât de bune în domeniul proceselor de producţie corespunzătoare. In ceeace priveşte termoficarea urbană, trebue să ne preocupe, pe lângă problemele imediate legate de încălzirea colectivă a noilor oraşe muncitoreşti, şi studiul transportului căldurii la distanţe mari, întrucât în condiţiile de repartiţie a principalelor zăcăminte de combustibil din ţara noastră faţă de marile centre populate, se pot deschide perspective deosebit de interesante în acest domeniu.

Inainte de toate, trebue însă să ne deprindem să examinăm orice problemă energeti ă numai sub aspectul interdependenţei şi legăturii cu ansamblul energetic şi economic general şi să formăm şi să promovăm în această direcţie o adevărată gândire energetică.

Bibliografie

1. *Veilz V. I.* : Combinarea energo-tehnologică şi randamentul energetic al întreprinderilor industriale. Analele Academiei de ştiinţe U.R.S.S. 1949, Nr. 8.
2. *Pacşver V. B.* : Alimentarea cu căldură a oraşelor dela distanţe mari. (Traducere din limba rusă). Pentru economia combustibilului Nr. 9, 1950.
3. *Belinschi S. I.* : Temoficarea şi centralele electrice de termoficare. (Traducere din limba rusă). Oficiul de Presă, Editură şi Documentare MEEIE, 1952.
4. *Lagovschi A. A. şi Pacşver V.* . : Centrale termoelectrice. (Traducere din limba rusă). Editura Tehnică, 1952.
5. *Stăncescu I. D.* : Problema termoficării în cadrul economiei energetice. Studii şi Cercetări de energetică, 1952. Ed. Academiei Republicii Populare Române.

★

ТЕПЛОФИКАЦИЯ

Резюме.

Исходя из преобладающей роли горючих в уравновешивании валового энергетического балланса большого энергетического района и из необходимости использования их в постоянно растущем масштабе как промышленное сырье, следует необходимость использования этого экономического и энергетического рессурса в наилучших условиях.

После принципиального описания условий выполнения промышленной и коммунальной теплофикации, выводится заключение о необходимости развертывания деятельности по теплофикации, начатой по заданиям плана электрификации и пятилетнего плана РНР. Для этого должен быть полностью использован богатый советский опыт, который в СССР внес теплофикацию на такой высокий уровень развития а также должны быть изучены и местные условия ее применения в нашей стране.

RECUPERAREA COMPLEXĂ A CĂLDURII

Conf. dr. S. BAINGLASS

Randamentul termic scăzut al proceselor tehnologice din industrie şi posibilităţile tehnicii moderne de a recupera căldura tehnologică face ca aceste procese să reprezinte o rezervă uriaşe de resurse energetice secundare. In U. R. S. S., se elaborează în Institutele Energetice principiile generale şi procedeele tehnico-economice de utilizare complexă energetico-tehnologică a căldurii rezultate din diferitele procese industriale. Tendinţa nouă de a combina procesele energetico-tehnologice a apărut şi se desvoltă în U. R. S. S. şi este caracteristică pentru energetica sovietică. Ea deschide perspective largi atât pentru gospodăria combustibilului cât şi pentru intensificarea unor procese tehnologice importante.

In industrie, o problemă fundamentală o constitue utilizarea combustibilului cu maximum de randament şi eficacitate. Aceasta se poate face folosind combustibilii ca atare, atât prin arderea directă pentru procesul tehnologic, cât şi prin prelucrarea lor termică, ca materie primă (industria cocsochimică, etc.).

In Uniunea Sovietică, procesele pirotehnologice care se desfăşoară pe scară mare în siderurgie, în metalurgie, în industria constructoare de maşini, în industria chimică de bază etc., consumă zeci de milioane de tone de combustibil pe an.

In aceste industrii se produc pierderi însemnate de căldură. In adevăr, toate procesele pirotehnologice având loc la temperaturi înalte, se pierde, în general, prin gazele arse între 40 şi 70% din valoarea termică a combustibilului folosit în industrie.

O bună parte a acestor cantităţi de căldură pot fi recuperate aşa că industria modernă dispune de o rezervă considerabilă de resurse energetice secundare.

Recuperarea cât mai amplă a căldurii fizice a gazelor arse se poate realiza pe două căi :

1. prin recuperarea tehnologică a căldurii gazelor arse şi anume încălzind, cu ajutorul acestora, fie gazele de ardere, fie materialele tehnologice, care vor intra astfel în agregat cu o temperatură ridicată ;

2. prin recuperarea energetică, adică prin producerea unui agent energetic, abur sau apă caldă, care să fie apoi utilizat ca izvor secundar de energie.

Problema recuperării căldurii industriale a preocupat întreprinderile ; ea a fost studiată şi a căpătat diferite soluţii, după specificul procesului tehnologic din întreprinderea respectivă şi după nivelul tehnic al industriei şi energeticii din epoca în care recuperarea a fost adoptată.

In Uniunea Sovietică, a fost făcută, în ultimul deceniu, o serie de cercetări ştiinţifico-tehnice, într'un mare număr de uzine, institute de proiectări şi de studii şi îndeosebi în Institutul electroenergetic din Moscova şi în Institutul de cercetări ştiinţifice în domeniul electricităţii de pe lângă Academia de Ştiinţe a U.R.S.S. In baza rezultatelor obţinute s'au elaborat principii noi de recuperare complexă, care se încadrează în noua linie a energeticii sovietice. Metodele alcătuite în baza acestor cercetări capătă o răspândire din ce în ce mai mare în industria sovietică.

O documentare succintă privind metoda de recuperare complexă a energiei termice în industrie este expusă principial şi practic în capitolul : „Recuperarea energetico-tehnologică a căldurii" din lucrarea intitulată : „Resurse energetice secundare în industrie" a profesorului N. A. Semenenco.

*

In industriile în care căldura se recuperează după metode vechi, empirice, consumul de combustibil este neeconomic. Randamentul energetic al majorităţii proceselor pirotehnologice este foarte mic, din cauză că, în majoritatea cazurilor, s'a subestimat importanţa energeticii industriale în bilanţul de combustibili al ţării.

Rolul de bază al energiei electrice în industrie a fost arătat lapidar de către Lenin, care a spus că „electrificarea trebue să meargă cu un pas înaintea industrializării". Urmând consecvent această învăţătură, desvoltarea centralelor electrice, deci a industriei energiei electrice, din etapa de început a industrializării Uniunii Sovietice, s'a produs înaintea construirii marilor întreprinderi industriale. Industrializarea Uniunii Sovietice, care s'a desvoltat atât de rapid în cincinalele Staliniste, a început cu electrificarea Ţării Sovietelor.

Problemele de recuperare a căldurii în centralele termoelectrice s'au pus chiar dela început în epoca în care industria nu se desvoltase încă. Aceasta explică dece acţiunea de recuperare a căldurii a fost strâns legată de noţiunea de centrală termoelectrică.

Astăzi, lucrurile sunt cu totul schimbate, în această privinţă : în puternica industrie desvoltată în ultimii 20 de ani în Uniunea Sovietică, consumul de combustibil pentru scopuri industriale este de multe ori mai mare decât cel din centralele termoelectrice.

Extinderea consumului de combustibil creează necesitatea unei recuperări raţionale a pierderilor de căldură nu numai în centralele termoelectrice ci şi în industrie, unde pierderile imense se datoresc randamentului termic foarte scăzut al majorităţii proceselor pirotehnologice.

Recuperarea potențială a pierderilor de căldură din procesele tehnologice reprezintă o rezervă uriașă de resurse energetice secundare în industrie. Ea trebue să fie însă rațională și să folosească toate etapele procesului tehnologic fiindcă tehnica modernă oferă posibilități mult mai mari de recuperare a căldurii tehnologice decât cele folosite până acum în industrie.

Faptul că productivitatea proceselor pirotehnologice este determinată de factorul termotehnic face ca să nu se dea aspectului energetic atenția cuvenită.

Recuperarea pierderilor de căldură tehnologică, după metoda nouă elaborată în U.R.S.S. mai prezintă și avantajul că duce atât la reconsiderarea și modificarea întregei scheme energetice din industria respectivă, cât și a însuși procesului tehnologic. Se aduce astfel o ridicare a randamentului energetic și concomitent o îmbunătățire simultană a caracteristicilor tehnologice și economice generale ale procesului de producție din industria respectivă.

Metodele energeticii și mijloacele ei sunt utilizate și pentru economisirea de combustibil și pentru intensificarea procesului tehnologic. Experiența a arătat că randamentul total la metodei combinate de recuperare tehnologico-energetică este cu mult mai mare decât suma randamentelor recuperărilor făcute separat în aceste două sectoare.

Recuperarea complexă energetico-tehnologică a căldurii reprezintă o metodă nouă specific sovietică și are o însemnătate primordială pentru desvoltarea termoenergeticii industriale.

Incadrată în tendința nouă, sovietică, de a asocia organic producerea de energie electrică cu producția industrială, noua metodă complexă de recuperare a căldurii industriale se îndreaptă astfel pe calea îmbinării și întreteserii sectoarelor, pe care merge și se desvoltă cu succes știința modernă în general și științele naturii în deosebi: fizico-chimia, biochimia, geochimia, agrobiologia, electrochimia, etc., precum și tehnica modernă: termoficarea, agrotermoficarea, electrotermia.

Această orientare nouă a termoenergeticii este specific sovietică; ea nu se poate realiza și desvolta decât în condițiile orânduirii socialiste, unde acționează legea economică obiectivă a desvoltării planificate, proporționale, a economiei naționale și unde domnește legea economică fundamentală a socialismului: asigurarea satisfacerii maximale a nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale întregii societăți prin creșterea și perfecționarea neîntreruptă a producției socialiste pe baza tehnicei celei mai înalte [1]).

O confirmare strălucită o constitue apariția și desvoltarea largă a producerii combinate a energiei termice și electrice în centralele electrice de termoficare din Uniunea Sovietică, încă de acum 25 ani, fapt care nu se poate realiza într'o țară capitalistă, ca S.U.A., din cauza intereselor antagoniste ale trusturilor stăpânitoare ale industriei capitaliste.

Pentru a pune în evidență eficacitatea tehnologică și energetică a metodei complexe de recuperare, se poate exemplifica pe câteva industrii din domenii variate: din siderurgie, din metalurgia metalelor neferoase, din construcția de mașini, din industria chimică de bază, etc.

Rezultatele pozitive obținute în domeniile atât de variate ale industriei arată caracterul general al principiului de recuperare complexă, care reprezintă una din cele mai importante căi de desvoltare a energeticii industriale din U.R.S.S. Trebue remarcat că cercetătorii sovietici au făcut studiile pe teren, în zeci de unități similare și soluțiile deși sunt variabile după caracterul industriei, toate arată însă necesitatea și importanța recuperării maxime și optime a căldurii din procesele pirotehnologice ale industriei respective.

a) RECUPERAREA COMPLEXA IN SIDERURGIE

Dacă analizăm schema de recuperare a căldurii gazelor arse, aplicată la cuptorul Martin, cuptoarele adânci, etc. găsim cazanul de abur instalat la sfârșiul drumului parcurs de gaze.

In uzinele existente, cea mai eficace metodă de amplificare a recuperării căldurii o constitue instalarea unui asemenea cazan simplu, care mărește totdeauna randamentul energetic al agregatului pirotehnologic și asigură o mare economie de combustibil întreprinderii respective. Aceste cazane recuperatoare constitue însă numai o anexă, o parte secundară a întregului agregat pirotehnologic; ele asigură mărirea randamentului prin economisirea combustibilului, dar nu influențează productivitatea procesului tehnologic.

Schema generală a agregatului energetico-tehnologic combinat, de tip nou, se caracterizează principial printr'o circulație naturală a produșilor de ardere în camera de ardere, prin legarea directă a unui cazan de radiație și printr'un recuperator metalic, instalat la sfârșit.

Printr'o așezare judicioasă a recuperatorului și printr'o construcție adecvată, se obține o modificare radicală a caracteristicilor energetice, tehnologice și economice ale agregatului pirotehnologic.

Recuperatorul este instalat la capătul drumului parcurs de gaze în agregat. El poate fi construit din oțel și poate folosi chiar la agregatele de fabricarea oțelului, pentru o încălzire maximă de 900—1000°C a componenților de ardere. Sarcinile termice specifice ale recuperatorului metalic final ating valori de 4500—5000 kcal/m² h, respectiv 150—170 kcal/kg h față de 20—30 kcal/kg h la recuperatorii ceramici.

Recuperatorul metalic final este împărțit în 2 secții, între care este așezat un economizor de apă sau un supraîncălzitor de abur. Gazele

[1]) *I. Stalin*, Problemele economice ale socialismului în U.R.S.S., 1952.

sunt evacuate la o temperatură joasă și randamentul termic crește cu 10—15% în bilanțul termic al agregatului, ceeace mărește randamentul energetic.

Dacă se consideră randamentul energetic al procesului tehnologic al unui cuptor de oțelărie $\eta_{it} = 15\%$, iar al cazanului final $\Delta\eta_e = 20\%$ ceeace înseamnă un randament energetic total al agregatului $\eta_a = 35\%$, atunci în condițiile descrise se poate prevedea o mărire a randamentului energetic al procesului tehnologic până la $\eta_{it} = 20\%$, o creștere a lui $\Delta\eta_e$ până la 30 — 35%, deci randamentul agregatului combinat, în ansamblu va ajunge până la η_a 50—55%.

Dacă se așează însă aparatul de producere a aburului în zona de temperatură înaltă a agregatului, el primește o cantitate de căldură mult mai mare (q =70.000—100.000 kcal/m² h) ceeace permite o micșorare accentuată a suprafeței de încălzire față de cazanul instalat la sfârșit, când sarcinile termice specifice nu depășesc 4000—5000 kcal/kg m² h.

Instalarea cazanului de recuperare în zona de temperatură înaltă permite mărirea parametrilor aburului produs, adică utilizarea lui electro-energetică.

Avantajul schemei noi, combinate, reiese din exemplul următor : O uzină metalurgică cu producție anuală de 2,5 milioane tone laminate produce pe oră până la 400 tone oțel și consumă în acest scop o cantitate de combustibil corespunzând la 500 milioane kcal/h. Pentru producerea de abur de parametri ridicați, așa cum s'a arătat mai sus, se poate utiliza din această cantitate de căldură cel puțin 30% deci 150 milioane kcal/h ceeace echivalează cu o producție de abur de 250 tone/h. In oțelărie se poate astfel obține fără alt combustibil, o putere electrică de 50.000 kW, ceeace prezintă o deosebită importanță nu numai pentru energetica locală, dar chiar pentru un sistem energetic regional.

In recuperarea complexă, condițiile de funcționare a camerei de ardere sunt favorizate de regimul uiform și stabil de temperatură, datorită încălzirii recuperatoare a componenților de ardere.

Recuperarea complexă cuprinzând în mod obligator un recuperator, productivitatea procesului tehnologic crește simțitor în urma creșterii temperaturii din spațiul de ardere, datorită regenerării parțiale a căldurii gazelor arse.

Unele cuptoare industriale, chiar mai moderne, cum sunt cuptoarele cu reverber din metalurgia neferoaselor, folosesc gazele arse numai la încălzirea cazanelor cu abur, acolo terminându-se și recuperarea căldurii.

Cazanele de tip vechi nu pot recupera decât 20%, adică 100 milioane kcal/h sau 175 tone abur/h la un consum de combustibil corespunzător la 500 milioane kcal/h. Acest abur are însă și un potențial energetic scăzut, ceeace face dificilă utilizarea lui energetică, așa că trebue valorificat pe altă cale.

Astfel, în marile uzine de automobile din U.R.S.S., aburul este folosit în fabrică pentru acționarea ciocanelor cu abur precum și pentru instalațiile de uscare, în diferite ateliere de prelucrare și modelare a lemnului, pentru uscarea rapidă a pieselor etc. Ciocanele cu abur necesită abur la o presiune de 11 ata și la o temperatură de 180—185°; pentru uscătorii este necesar abur cu o presiune de 5—6 ata, la o temperatură de 160°. Deasemenea se consumă abur și apă caldă pentru încălzirea și ventilarea atelierelor, pentru cerințele sanitare și igienice, pentru încălzitul locuințelor muncitorești, etc.

b) IN INDUSTRIA GREA

Dar în afara oțelăriilor, domeniul de aplicare a recuperării complexe a căldurii gazelor arse cuprinde și alte ramuri de producție din industria metalurgică și a construcției de mașini grele și anume : încălzirea lingourilor pentru laminate, încălzirea la temperaturi ridicate a semifabricatelor și a pieselor de mașini pentru forjare și presare, rafinarea cuprului brut, prelucrarea secundară a metalelor și a fontei în cuptoarele cu reverber, etc.

Noua metodă de recuperare complexă se poate aplica și la cuptoarele mari din industria sticlei.

Recuperarea energetico-tehnologică complexă a căldurii gazelor arse cu temperatura înaltă prezintă o eficacitate ridicată atât din punctul de vedere energetic cât și tehno ogic și este aplicabilă în numeroase procese pirotehnologice din principalele domenii ale îndus riei.

Deosebit de important este faptul că, în noua metodă însuși procesul tehnologic se desfășoară în condiții optime căci dispar discordanțele dintre elementele tehnologice și cele energetice.

c) IN METALURGIA NEFEROASA

Recuperarea pierderilor tehnologice de căldură la prelucrarea minereului de nichel și cupru în cuptorul cu răcire cu apă constitue o problemă importantă din punctul de vedere energetic, din cauza randamentului termic scăzut al procesului precum și prin necesitatea de a se folosi cocsul în metalurgia neferoaselor. Problema se complică prin faptul că trebue ținut seama și de pierderile de căldură fizică a zgurilor evacuate în haldă și de căldura apei, ce răcește mantaua părții cuptorului din dreptul creuzetului.

La cuptoarele răcite cu apă trebue să se recupereze deci în mod complex pierderile de căldură să se desvolte la maximum regenerarea căldurii în procesul tehnologic, deoarece se folosește combustibil superior și să se asigure producția energetică suplimentară.

Pentru metalurgia neferoaselor, se examinează în lucrarea amintită a prof. Semenenco posibilitatea elaborării următoarelor scheme complexe ale cuptoarelor răcite cu apă.

Pentru a face economie de cocs, cuptorul este alimentat cu un curent de aer încălzit cu gazele arse. Incălzitorul de aer se instalează la capătul drumului gazelor arse, ceeace permite încălzirea aerului de alimentare, până la 400°C; gazele arse sunt astfel evacuate la o temperatură scăzută, de 200°C.

Pe de altă parte, zgura, care are o temperatură de 1300°C, este răcită cu aer într'un dispozitiv special (granulatorul cu aer), până ce are temperatura de 200°C. Aerul capătă astfel temperatura de 1100°C. Acest aer cald este adus în camera de terminare a arderii de dinaintea cazanului și este utilizat aci pentru arderea oxidului de carbon rămas nears în gazele arse; se asigură astfel, prin temperatura înaltă obținută, condiții extrem de favorabile pentru producerea de abur cu parametrii ridicați în cazanul de recuperare.

Acest abur — agentul energetic — se produce deci pe cale complexă cu ajutorul căldurii zgurilor, prin căldura gazelor arse și prin căldura rezultată la arderea CO rămas nears în gazele de ardere (8—10—15 și uneori chiar 20%).

Adaptarea m ntalelor de răcire a creuzetului pentru răcirea prin evaporare, permite utilizarea unei cantități suplimentare de 195.000 kcal pentru producția de abur, căldură care s'ar fi pierdut a tfel în apa de răcire.

Schema de principiu a recuperării complexe a căldurii corespunzătoare metodelor expuse este reprezentată în fig. 1.

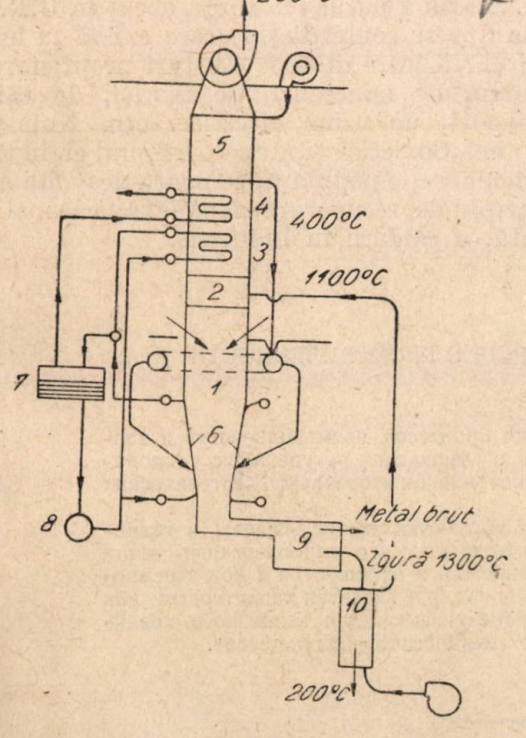


Fig. 1. Schema principială a recuperării energetice complexe a pierderilor de căldură la cuptoarele cu răcire cu apă.

1—cuptorul; 2—camera de terminare a arderii 3—zona cazanului de încălzire prin convecție; 4—supraîncălzitor de abur; 5—recuperator; 6—zona cazanului de încălzire prin radiație; 7—colectorul de evaporare; 8—pompă de recirculație pentru cazan; 9—decantor; 10—granulator de zgură cu aer.

In tabela alăturată este redat bilanțul termic al unui cuptor pentru metalurgia cuprului, cu recuperarea complexă a căldurii. Din acest bilanț reiese că din 1455 mii kcal/tonă minereu consumate, 895 mii adică 61,4% se recuperează prin utilizare energetică.

Bilanțul termic al unui cuptor pentru metalurgia cuprului, cu recuperarea complexă a căldurii

Componenții bilanțului termic	Mii kcal/t	%	
Căldură intrată			
Căldura chimică a cocsului	1 280	82,0	
Reacții exoterme	175	18,0	
Total	1 455	100	
Căldură ieșită			
Reacții endoterme	210	14,5	15,8
Căldura metalului brut	19	1,3	
Pierderea de căldură cu zgura răcită	60	4,2	
Idem, în gazele evacuate	200	13,7	
Idem, în mediul înconjurător al cuptor.	45	2,2	
Idem, în mediul înconjurător al instalației de recuperare	25	1,7	
Utilizarea energetică a căldurii	895	61,4	
Total	1 455	100	

In acest caz, pentru o tonă de minereu prelucrat, se obțin suplimentar 1,4 tone abur normal de parametor mări i (de ex. de 33 ata și 430°C) ceeace echivalează cu o putere electrică instalată de 300 kW.

Rezultatele obținute în uzinele sovietice de metalurgie neferoasă, care prelucrează peste 100 tone minereu p zi, subliniază importanța energetică a rezultatelor obținute prin recuperarea energo-tehnologică a căldurii.

$$\eta_a = \eta_t + \eta_e = 15{,}8\% + 61{,}4\% = 77{,}2\%$$

In același timp se micșorează și consumul specific de cocs cu minimum 25%, adică dela o cantitate corespunzătoare la 1500 mii kcal până la 1280 mii kcal. In plus, s adaugă faptul că productivitatea cuptorului se mărește cu ajutorul curentului de aer cald, care intensifică procesul tehnologic.

d) LA PREPARAREA BIOXIDULUI DE SULF

Pentru industria chimică de bază, se poate exemplifica aplicarea principiului combinării energo-tehnologice la prepararea bioxidului de sulf, din care se fabrică acidul sulfuric, produs care are pentru industria chimică aceiași importanță pe care o are fonta pentru industria metalurgică.

Deși sulful din pirite folosit ca materie primă pentru prepararea SO_2 este o substanță combustibilă, care desvoltă 1300—1500 kcal/kg pirită, totuși la oxidarea (prăjirea) piritei, această căldură se pierde aproape în întregime din cauza capacității termice reduse a cuptorului de prăjire.

Se mai întâmpină aci o dificultate în ridicarea temperaturii din cauza condițiilor de funcționare a dispozitivelor mecanice ale cuptorului, precum și din cauza posibilităților de aglomerare a piritei în cuptoarele mecanice, cu raclete și rotative.

Marile pierderi de căldură, care se produc în acest caz, au atins încă în producția din 1940 a U.R.S.S., 0,6—0,8 milioane tone combustibil convențional pe an.

Procesul pirotehnologic de oxidare a piritei obișnuite, a celei carbonifere din unele regiuni ale U.R.S.S. și a deșeurilor conținând sulf, rezultate din operațiile de ameliorare a cărbunelui din Donbas, cuprinde elemente care determină o eficacitate tehnologică redusă și una energetică nulă.

Problema poate fi soluționată radical, aplicându-se la fabricarea SO_2 principiile procesului combinat tehnologicó-energetic, după schema următoare, elaborată de institutele sovietice de cercetări amintite.

Pentru prăjirea piritei, se folosește metoda modernă de ardere, de mare productivitate, a unui combustibil cu mult balast, de exemplu metoda nouă cu focar în două trepte, cu strat în fierbere.

Prin aceasta se obține nu numai intensificarea prăjirii piritei obișnuite și a celei de flotație dar și posibilitatea de utilizare a piritei carbonifere, a cărei prăjire cere aer îmbogățit în oxigen. Procesul de prăjire se poate combina astfel cu producerea de abur cu parametri electroenergetici, prin recupererarea căldurii gazelor de prăjire.

Legătura dintre cuptor și instalația de produs abur se realizează prin ecranarea cu țevi fierbătoare a camerei cuptorului și așezarea imediat după cuptor a elementelor ulterioare de recuperare a căldurii.

Prin mărirea corespunzătoare a suprafeței de încălzire, se evită depunerea de zgură în camera cuptorului și în partea de încălzire prin convecție a cazanului de recuperare. Realizarea acestei protecții împotriva zgurii permite mărirea considerabilă a sarcinii termice specifice a procesului de prăjire, adică posibilitatea de intensificare corespunzătoare a procesului.

Recuperarea maximă a căldurii gazelor de prăjire dă, pentru o tonă de pirită inițială (după conținutul de sulf și eventual de carbon) circa 1,5 — 2 tone abur energetic sau o putere electrică instalată echivalentă de 300—400 kW, realizată fără vreun consum special de combustibil.

In acest mod se creiază și o premiză economică pentru utilizarea eficace la prăjirea piritei, a aerului îmbogățit în oxigen; aceasta face ca să fie folosit cât mai mult din sulful materiei prime întrebuințată pentru fabricarea de SO_2 valorificându-se minereurile și piritele carbonifere locale, deșeurile care conțin sulf, rămase la îmbunătățirea cărbunelui, etc. Oxigenul necesar care este un produs costisitor fiindcă fabricarea lui cere consum energetic important, se poate obține din apă, pe cale electrolitică, folosind o parte din energia electrică produsă prin recuperarea complexă a căldurii.

Această schemă, elaborată după numeroase studii, de către instituțiile științifice sovietice, mai prezintă și numeroase alte avantaje de natură tehnologică.

* * *

Principiile generale și perspectivele tehnico-economice de mărire a eficacității combustibilului consumat constitue o metodă specific sovietică. Ea nu a putut lua ființă decât în U.R.S.S. unde lipsesc contradicțiile care există în lumea capitalistă între diferite trusturi proprietare de cărbuni, de minereuri, de fabrici, de căi de transport, de uzine electrice, etc. Numai în Uniunea Sovietică și, după exemplul ei, în țările de democrație populară, se poate desvolta acest principiu de recuperare complexă, cât mai eficientă, a căldurii în industrie.

★

ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕССУРСЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

Пониженный тепловый к.п.д. технологических процессов промышленности и возможности предоставляемые современной техникой в отношении рекуперации технологиче кого тепла делают эти процессы огромным источником вторичных энергетических рессурсов.

В энергетических институтах СССР разрабатываются общие основы и технико-экономические способы комплексного энерго-технологического использования тепла различных промышленных процессов. В СССР появилось и развивается новое стремление комбинировать энерго-технологические процессы которое является характерным для советской энергетики. Оно открывает широкие перспективы как для топливного хозяйства, так и для форсирования некоторых важных технологических процессов.

CÂTEVA ASPECTE ALE TEHNICII SOVIETICE IN CONSTRUCȚIA LINIILOR ELECTRICE DE TRANSPORT

Ing. GLEB DRĂGAN

Se expun câteva aspecte mai importante ale principiilor care stau la baza proiectării și construcției liniilor electrice de transport din Uniunea Sovietică. In acest scop se descriu suporți (metalici, din lemn și din beton armat centrifugat), folosiți mai uzual în Uniunea Sovietică, și se tratează principal problemele privind conductorii activi și de protecție, izolatorii și armăturile liniilor electrice de transport, insistându-se în deosebi asupra concepțiilor noi de proiectare. Articolul cuprinde o serie de date bazate pe exploatarea liniilor electrice de transport.

Liniile de transport al energiei electrice reprezintă unele dintre elementele cele mai importante ale unui sistem energetic, atât în ceeace privește cheltuielile de investiție necesare executării lor, cât și din punct de vedere al problemelor de exploatare pe care le pun.

Pentru ca o linie electrică să funcționeze în bune condițiuni, ea trebue în primul rând să fie rațional proiectată. La proiectarea unei linii — pe lângă considerațiile de ordin tehnic — este necesar să se țină seama și de factorul economic. Construirea unei linii cu un coeficient mare de siguranță va conduce la puține dificultăți în exploatare, necesitând în schimb cheltueli de investiție mari. O linie dimensionată ușor duce la avarii mari în timpul funcționării ei, din care cauză construcția ei poate să devină neeconomică.

Proiectarea rațională a liniilor electrice depinde în primul rând de cunoașterea condițiilor meteorologice din regiunea în care se construește.

Pe de altă parte, în funcție de datele de exploatare culese și a studiilor efectuate, se pune problema alegerii tipului de suport și a echipamentului cel mai corespunzător, ținând seama și de rezolvarea a o serie de probleme, cum este, de exemplu, protecția împotriva supratensiunilor atmosferice sau împotriva vibrației conductorilor.

In Uniunea Sovietică, s'a acordat problemelor menționate mai sus o atenție deosebită, chiar la începutul planului de electrificare, realizându-se de atunci un progres enorm, atât în ceeace privește lungimea totală a liniilor construite, cât și în desvoltarea tehnicii construirii lor.

In tabela Nr. 1, se dau liniile electrice de transport din U.R.S.S., construite în diferiți ani, pentru a se putea urmări dinamica creșterii lungimii lor [1].

Tabela Nr. 1

Anul	Lungimea liniilor la sfârșitul anului, km	Printre acestea cu tensiunea, kV:			
		220	154	110	35 și mai mică
1913	100	—	—	—	100
1923	2 000	—	—	1 000	1 000
1932	9 200	—	200	4 000	5 000
1940	22 000	1 100	900	10 000	10 000

Pentru stabilirea unor condiții meteorologice cât mai complecte, pe lângă datele meteorologice generale cum este viteza și freevența vântului, variația temperaturii etc., s'au instalat o serie de stații experimentale pentru determinarea intensității și freevenței depunerilor de chiciură 2 . In vederea cunoașterii indicelui keraunic al fiecărei regiuni, ca și intensitatea loviturilor de trăsnet, s'au montat pe liniile existente bastonașe feromagnetice [3, 4]. Paralel cu aceste lucrări, s'au efectuat studii și încercări de laborator, care au complectat datele obținute pe calea investigațiilor directe.

Vom menționa că în Uniunea Sovietică, există patru regiuni din punct de vedere al condițiilor meteorologice. Regiunea I se caracterizează prin cele mai ușoare condiții meteorologice, după care urmează, în ordine, regiunile II, III și IV. Ca suprafață regiunile I și II sunt mult mai întinse ca regiunile III și IV.

Odată cu stabilirea condițiilor meteorologice, s'a organizat culegerea datelor privind comportarea liniilor electrice în exploatarea lor. Toate avariile sau declanșările constatate la liniile de înaltă tensiune, sunt analizate la Laboratorul Tehnic Central de pe lângă Ministerul Centralelor Electrice, strângându-se astfel un material documentar deosebit de util [6].

Insfârșit, studiile și lucrările de laborator efectuate în privința comportării suporților și mai ales a echipamentului liniilor, complectează aceste date.

Cunoașterea mai precisă a condițiilor meteorologice și a datelor de exploatare a permis elaborarea unor prescripții de calcul din ce în ce mai raționale. Făcând de exemplu un calcul comparativ al diametrului picioarelor suporților din lemn, după prescripțiile elaborate în diferite perioade, se obțin rezultatele date în tabela Nr. 2 [5].

Tabela Nr. 2

Secțiunea conductorilor	Prescripții din anul		
	1923	1939	1950
Cu 35	16,4	21	20,3
Cu 50	18,1	22	20,5
Cu 70	21,3	24,1	22
Cu 95	24,7	27	24,7
Cu 120	26,1	27,2	24,8

Din datele tabelei de mai sus, se poate constata că valorile determinate după prescripțiile dintr'un an diferă destul de mult de rezultatele obținute în cazul prescripțiilor din alți ani, ceeace se explică prin precizările ce se aduc de fiecare dată. Prescripțiile sovietice de calcul al liniilor electrice se caracterizează în primul rând prin preciziunea lor, permițând astfel o proiectare mult mai complectă și pe baze reale. Majoritatea prescripțiilor din alte țări, fiind prea generale, lasă la latitudinea proiectantului determinarea a o serie de condiții de calcul, ceeace duce deobicei la erori.

In acest mod, s'au creat condiții pentru proiectarea cât mai rațională și pe baze științifice a liniilor electrice de transport, tinzându-se către tipizarea anumitor lucrări, fără ca prin aceasta să se frâneze desvoltarea tehnicii construcției liniilor electrice.

In cadrul acestui articol, se vor expune câteva aspecte mai importante ale principiilor care stau la baza proiectării și construcției liniilor electrice de transport din Uniunea Sovietică. In acest scop, se va analiza fiecare element component al liniilor electrice, sub prisma proiectării lor, lăsându-se la o parte celelalte probleme, cum ar fi execuția pe teren, mecanizarea lucrărilor, formarea cadrelor tehnice necesare, etc.

1. SUPORȚII LINIILOR ELECTRICE

Proiectarea suporților, pentru liniile de înaltă tensiune, se bazează pe următoarele principii de bază:

— economie maximă de material necesar executării suporților și a fundațiilor respective;

— condiții de montare și exploatare optime;

— respectarea tuturor prescripțiilor impuse la construcția liniilor aeriene;

— crearea de tipuri de suporți, astfel construiți, încât să aibe o utilizare cât mai largă, respectând toate condițiile impuse.

Alegerea tipului de suport, care să îndeplinească condiţiile de mai sus, se poate face numai pe baza calculelor tehnico-economice comparative, plecând dela diferite tipuri de suporţi, care pot fi folosiţi în aceleaşi condiţiuni. Rezultă că nu se pot stabili tipuri de suporţi valabili pentru toate cazurile, dar numai ţinând seama de anumite condiţii determinate de factorii care au influenţat alegerea tipului de suport ca : tensiunea liniei, secţiunea şi materialul conductorilor, dacă linia este un simplu sau dublu circuit, regiunea de chiciură, natura terenului, categoria liniei etc.

Din descrierea tipurilor mai caracteristice de suporţi folosiţi în Uniunea Sovietică, se va putea vedea în ce măsură se respectă condiţiile menţionate, precum şi principiile de bază care determină alegerea unui anumit tip de suport.

a) Suporţii metalici pentru liniile de 110 kV cu simplu circuit

Începând cu anul 1949, trustul „Teploelectroproect" din U.R.S.S. a proiectat tipurile de suporţi pentru liniile de 110 kV cu simplu circuit din regiunea I şi II din punct de vedere al condiţiilor meteorologice, pentru următoarele secţiuni de conductori : Cu 70, 95, 120 mm^2 ; Ol—Al—70, 95, 120, 150 şi 185 mm^2. Linia este prevăzută cu un conductor de protecţie din oţel de 50 mm^2. In funcţie de secţiunea conductorilor şi deci de eforturile la care sunt supuşi, s'au elaborat patru tipuri de suporţi, căutându-se să se folosească, pe cât posibil, aceleaşi secţiuni şi categorii de fier profilat [7].

Din calculele efectuate, a rezultat că tipul cel mai economic pentru suporţii de susţinere este cel cu baza îngustă. Construcţia suporţilor cu baza largă a fost recomandată numai pentru regiunile caracterizate printr'un teren slab. De menţionat însă, că odată cu utilizarea fundaţiilor prefabricate problema a căpătat un aspect diferit, în sensul că a devenit mai raţională utilizarea suporţilor cu baza largă (fig. 1).

Atât montanţii, cât şi diagonalele sunt din fier cornier; suporţii sunt sudaţi, iar asamblarea tronsoanelor se face cu ajutorul buloanelor obişnuite. Consolele se execută din fier

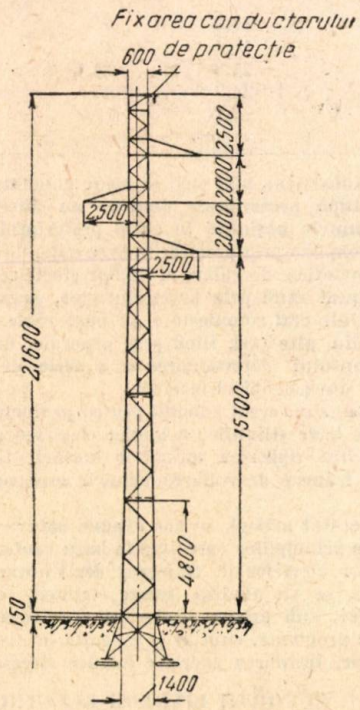


Fig. 1.

cornier. Toţi suporţii de susţinere sunt calculaţi în ipoteza folosirii elemelor de susţinere fixe.

Din punct de vedere al economiei de material feros şi al simplicităţii execuţiei, tipul cel mai raţional de suport de întindere este cu baza îngustă şi cu console din fier cornier; din punct de vedere al cheltuielilor necesare pentru executarea fundaţiei. tipul de suport de întindere economic este cu baza largă. Ţinând seama de ambii factori, calculele comparative efectuate au dus la concluzia că tipul normal de suport de întindere pentru reţelele de 110 kV, cu simplu circuit, este cu baza largă (fig. 2).

Consolele suporţilor de întindere permit montarea atât a lanţurilor simple, cât şi a lanţurilor duble de izolatori.

Pentru uniformizare, partea superioară a suporţilor de susţinere, de întindere şi de rotirea fazelor poate fi folosită atât la tipul de suporţi cu baza îngustă, cât şi la cei cu baza largă, modificându-se numai partea inferioară (dela cota 4800).

Suporţii de colţ şi întindere de ti normal sunt cu baza largă şi cu console din fier cornier (fig. 3).

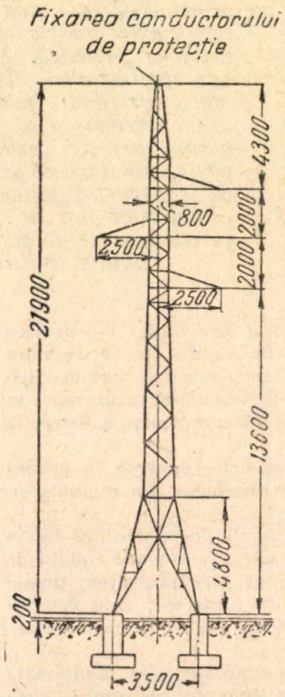


Fig. 2.

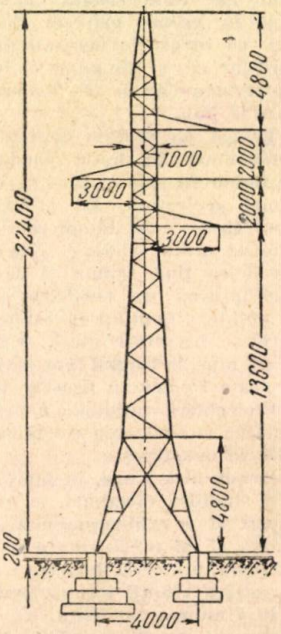


Fig. 3.

Pentru suporţii de întindere şi de colţ şi întindere, s'au proiectat şi tipuri de suporţi suprainălţaţi cu 3 şi 6 m, având baza largă. Pentru a uniformiza tipurile de suporţi, toată partea superioară (începând cu cota 4800 în cazul suporţilor normali) este aceeaşi, fie că este vorba de suporţii normali, fie de cei suprainălţaţi.

Rotirea fazelor se poate face pe oricare din suporţii de întindere sau colţ şi întindere de 30 şi 60^0, nefiind necesară decât montarea a încă trei console.

Suporţii de capăt sunt în acelaşi timp şi de colţ, fiind de trei tipuri şi anume : pentru unghiuri dela 0...30^0, dela 31.. 60^0 şi dela 61...90^0.

De cele mai multe ori, suporţii de capăt se asamblează din elementele ce al ătuesc suporţii normali de colţ şi întindere.

Pentru a se putea compara rezultatele obţinute, în tabela Nr. 3, se dau greutăţile suporţilor mai des utilizaţi.

In tabela de mai jos, valoarea dela numărător se referă la suporţii cu bază îngustă ; toate celelalte valori sunt pentru suporţi cu baza largă.

In ceeace priveşte fundaţia acestor suporţi, s'au studiat două alternative : fundaţii metalice şi fundaţii din beton. Deoarece fundaţiile metalice necesită mult material feros (circa 30 % din greutatea totală a suportului) şi duc la o exploatare greoaie, nu se recomandă a fi utilizaţi decât numai când termenul de execuţie reprezintă factorul determinant.

Fundaţiile masive de beton sunt simple de executat şi au dat rezultate bune în exploatarea liniilor electrice. Dezavantajele acestor fundaţii constă în costul lor relativ ridicat şi mai ales în faptul că necesită timp îndelungat pentru executarea lor.

Tipul cel mai raţional de fundaţie pentru liniile electrice aeriene pe suporţi metalici, atât din punct de vedere al consideraţiunilor economice, cât şi al executării lor, sunt fundaţiile prefabricate. Menţionăm că în Uniunea Sovietică se acordă tot mai multă atenţie acestui tip de fundaţii, insistându-se asupra avantajelor pe care le prezintă [7].

Pentru liniile de 110 kV, cu simplu circuit din regiunea IV din punct de vedere al condiţiilor meteorologice, se utilizează în mod obişnuit montarea orizontală a conductorilor, suportul fiind de tipul Y. Fixarea conductorilor se face cu ajutorul elemelor de susţinere fixe. In fig. 4, se dă schema unui suport de susţinere de 110 kV, cu conductori de Cu—95 şi cu doi condu tori de protecţie de Ol—50, proiectat de „Teploelectroproiect". Greutatea suportului este de 1790 kg, iar a fundaţiei metalice de 560 kg. Suporţii de întindere se fac deobicei cu fundaţie de beton, sistem bloc. Şi în acest caz, se recomandă utilizarea în primul rând a fundaţiilor prefabricate.

Tabela Nr. 3

Denumirea suporţilor	Greutatea suporţilor, kg			
	Ol—Al—70 şi 95, Al—70, 95 şi 120	Cu—70 Ol Al—120 Al—150	Cu—95 Ol Al—150 Al — 185	Cu — 120 Ol Al — 120
Suporţi de susţinere	1455 / 1780	1585 / 1935		1830 / 2110
Suporţi de întindere	2268 / 2644	2620 / 2937	2904 / 3213	3156 / 3557
Suporţi de colţ de max. 30° .	3015	3341	3530	3828
Suporţi de colţ de max. 60° .	3689	3740	3952	4440
Suporţi de colţ de max. 90° .	4091	4246	4948	5313
Suporţi de întindere şi de rotire a fazelor . .	2440 / 2816	2793 / 3110	3080 / 3389	3355 / 3757
Suporţi de capăt de max. 30° .	3592	3664	3924	4298
Suporţi de capăt de max. 60° . .	3689	3878	4613	5101
Suporţi de capăt de max. 90° .	4091	4246	4948	5313

In concluzie, rezultă că tipurile de suporţi metalici pentru liniile de 110 kV cu simplu circuit din regiunile I şi II din punct de vedere al condiţiilor meteorologice, sunt cu conductori montaţi în triunghiu, prevăzuţi cu conductori de protecţie, ce se montează excentric faţă de axul suportului, pentru a realiza un unghiu de protecţie mai bun.

Suporţii pentru regiunile III şi IV din punct de vedere al condiţiilor meteorologice, sunt deobicei de tipul Y. cu doi conductori de protecţie. In ambele cazuri, liniile sunt prevăzute deobicei cu eleme de susţinere fixe.

Alte tipuri de suporţi metalici pentru liniile de 110 kV, cu simplu circuit, sunt folosiţi în Uniunea Sovietică mult mai puţin.

b) Suporţii metalici pentru liniile de 110 kV cu dublu circuit

In literatura tehnică de specialitate, nu există menţiuni asupra faptului că s'au elaborat tipuri de suporţi metalici pentru liniile de 110 kV cu dublu circuit.

Se poate totuşi constata că tipul obişnuit de suport pentru liniile cu dublu circuit, este cu coronamentul „brad întors". Chiar dacă cheltuelile de investiţie a acestor suporţi sunt mai mari, alegerea lor a fost dictată de condiţiile mai bune de exploatare, probabilitatea atingerii conductorilor în cazul ruperii unuia din ei fiind mult redusă.

Un alt avantaj al suporţilor de tipul „brad întors" constă în faptul că întinderea conductorilor se poate face pe sol, operaţiunea efectuându-se cu ajutorul mijloacelor mecanizate şi într'un timp mult mai scurt. La noi în ţară, întinderea conductorilor pe sol, în general, este greu de realizat, din cauza reliefului mai accidentat.

Insfârşit, vom menţiona şi avantajul pe care îl prezintă, permiţând montarea elemelor de susţinere cu declanşare automată, ceeace duce la o construcţie mai uşoară. Folosirea suporţilor de tipul „brad", pentru liniile de 110 kV cu dublu circuit, are o utilizare mai redusă, în deosebi în ultimul timp. Motivul principal constă în faptul că prin ruperea unui conductor, nu este exclusă căderea acestuia pe una din consolele suportului, din care cauză dificultăţile de exploatare sunt mai mari ca la alte tipuri de suporţi, fără însă ca să aducă economii prea mari de material necesar construcţiei suporţilor. Vom menţiona că folosirea elemelor cu declanşare automată, la aceşti suporţi, este exclusă.

Relativ la folosirea suporţilor cu coronamentul în exagon, în afară de indicaţiile date în manuale [15], în literatura tehnică de specialitate, nu se găseşte nici o indicaţie. Deoarece, după cum vom vedea, folosirea elemelor cu declanşare automată la liniile cu dublu circuit impune ca între planurile verticale să existe o distanţă de 0.75...1.5m, iar elemele să fie prevăzute cu dispozitiv de prindere, este puţin probabil ca — în cazul suporţilor cu coronamentul în exagon — să se folosească în Uniunea Sovietică alte eleme ca cele fixe.

La suporţii de tipul „brad întors", se folosesc doi conductori de protecţie, pe când la celelalte tipuri, deobicei, un singur conductor de protecţie.

In privinţa montării pe verticală a conductorilor unei linii aeriene, actualele prescripţii nu dau indicaţii suficient de clare,

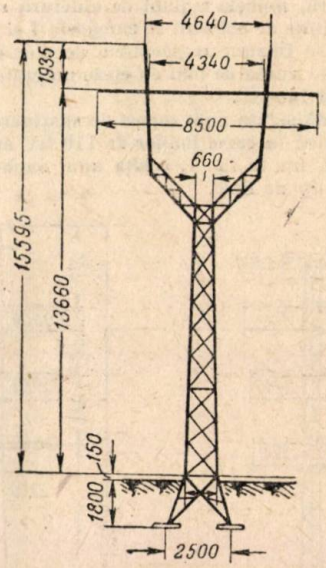


Fig. 4

mai ales pentru regiunile caracterizate prin depuneri intense de chiciură. Cum în ţara noastră frecvenţa şi intensitatea depunerilor de chiciură este relativ mare, această problemă prezintă un i teres deosebit, putând impune, în an mite condiţii, un anumit tip de suport şi în consecinţă, să ducă la soluţii mai puţin economice.

Lucrările apărute în revistele de specialitate, după editarea prescripţiilor sovietice, au adus o serie de preciziuni utile [8,5]. Concluziile la care se ajunge, în uma efectuării calculelor de apropiere a conductorilor montaţi vertical, în cazul desprinderii chiciurii de pe un conductor, sunt următoarele:

— Numărul deschiderilor dintr'un panou nu influenţează asupra distanţei pe verticală între conductorii liniei.

— Pentru determinarea distanţei verticale între conductorii liniei, trebue să se considere schema din fig. 5 în care conductorul superior este acoperit cu chiciură de intensitate maximă, iar chiciura de pe conductorul inferior, din deschiderea considerată, reprezintă 30...35% din valoarea totală; în deschiderile vecine, depunerea de chiciură este normală.

Valoarea de 30...35% s'a luat în baza datelor statistice referitoare la comportarea liniilor cu conductorii montaţi vertical, ţinând seama totodată de un coeficient de siguranţă. Distanţa ce se obţine, în acest caz, între conductorii montaţi vertical este mai mare decât 3 m. Din datele statistice, bazate pe exploatarea îndelungată a reţelelor electrice din Mosenergo, rezultă că în cazul când distanţa dintre conductorii montaţi vertical este de 3,1 m, nu a avut loc atingerea conductorilor din cauza salturilor prin desprinderea bruscă a chiciurii [10].

— Deoarece distanța verticală între conductorii liniei depinde, în mare măsură de secțiunea și materialul conductorilor, precum și de regiunea de chiciură, în care se construește linia, se impun să se determine distanța verticală a conductorilor în fiecare caz în parte.

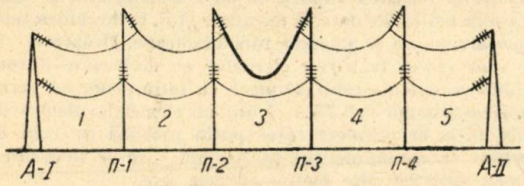


Fig. 5.

— In regiunile de chiciură intensă, în cazul când coronamentul suportului e de tipul „brad întors", este necesar ca între planurile verticale a doi conductori montați unul sub altul, să existe o distanță de 0,75...1 m. Cum în țara noastră, ambele regiuni de chiciură sunt mai grele, decât regiunile de chiciură de categoria I și II din Uniunea Sovietică, se impune respectarea acestor condiții, ori de câte ori este vorba de linii cu coronamentul suportului de tipul „brad întors".

In fig. 6, se dă schița unui suport de susținere folosit des în Uniunea Sovietică în cazul liniilor de 110 kV cu dublu circuit din regiunea II, iar în fig. 7, schița unui suport de întindere pentru același tip de linie.

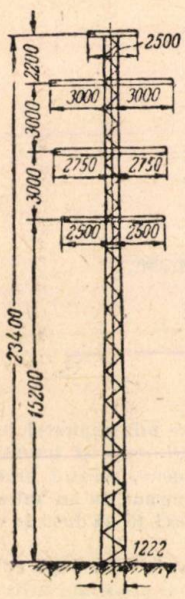


Fig. 6.

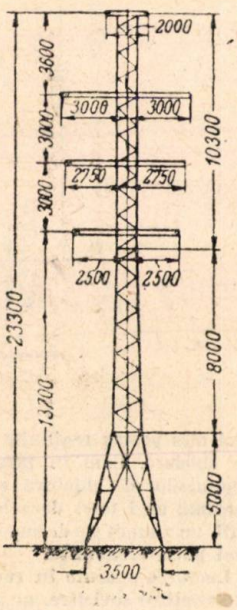


Fig. 7.

Schița unui suport de susținere caracteristic pentru liniile de 110 kV cu dublu circuit din regiunea I, este dată în figura 8.

Rezultă că în Uniunea Sovietică, în cazul liniilor de 110 kV cu dublu circuit, se folosesc în mod obișnuit, suporți cu coronamentul „brad întors", prevăzuți cu cleme fixe. Folosirea clemelor cu declanșare automată este mult mai redusă, cu menționarea că în ultimul timp au apărut o serie de articole, în care se specifică avantajele de ordin economic pe care le prezintă aceste cleme.

c) Suporții metalici pentru liniile de 35 kV

Lungimea liniilor de 35 kV pe suporți metalici este în Uniunea Sovietică mult mai scurtă ca aceea a liniilor pe suporți din lemn. Din această cauză, nu s'au elaborat tipuri de suporți metalici pentru liniile de 35 kV.

In fig. 9, se dă schița suportului de susținere proectat de Teploelectroproect și folosit mai des în Uniunea Sovietică. In cazul secțiunii conductorilor de Cu—95 și a doi conductori de protecție din Ol—50, greutatea suportului este de 1770 kg; clemele pentru susținerea conductorilor sunt fixe. In cazul suporților de întindere și colț și întindere, fundația este din beton armat de tipul monobloc [11].

Rezultă că, în cazul liniilor cu un singur circuit din regiunea III și IV, ca și la liniile de 110 kV, din punct de vedere al condițiilor meteorologice, în Uniunea Soivetică se folosese de

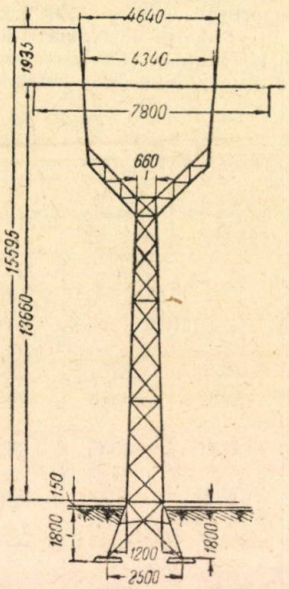


Fig. 8.

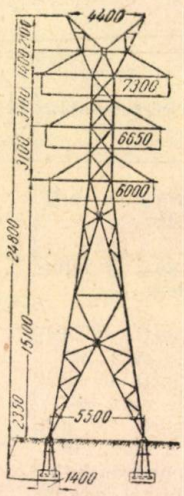


Fig. 9.

preferință suporții de tipul Y. Pentru regiunea I, în cazul liniilor cu dublu circuit, se folosese în mod obișnuit suporții de forma menționată în fig. 10. Suportul de susținere, în cazul conductorilor de Cu—70 și a unui conductor de protecție din Ol—50 are greutatea de 1600 kg, linia fiind prevăzută cu cleme fixe.

O problemă care comportă discuții este materialul din care este necesar să se confecționeze consolele suporților metalici. Prescripțiile sovietice de protecție împotriva supratensiunilor [22] recomandă folosirea consolelor din lemn. Din cauza faptului că lemnul putrezește ușor, în momentul de față, tipurile obișnuite de linii de 35 kV pe suporți metalici sunt prevăzute cu console metalice.

d) Suporți din lemn pentru liniile de 110 și 35 kV

Liniile de înaltă tensiune pe suporți din lemn, deși prezintă desavantajul unei exploatări mai dificile, iar durata lor de funcționare este mai redusă ca a altor linii, sunt folosite mult în Uniunea Sovietică, atât din cauză că necesită cheltueli de investiție relativ mici, cât și datorită faptului că se pot executa într'un termen scurt.

Ca și în cazul suporților metalici, tipizarea suporților din lemn duce la economii de material, simplificând totodată proiectarea și executarea liniilor.

Din aceste considerațiuni, în Uniunea Sovietică, s'au proiectat (de către sectorul „Teploelectroproect" din Harcov) în anii 1949—50, tipurile de suporți din lemn pentru liniile de 110 și 35 kV. Pentru precizarea caracteristicilor acestor suporți vom da câteva din elementele constructoare ale acestora [13].

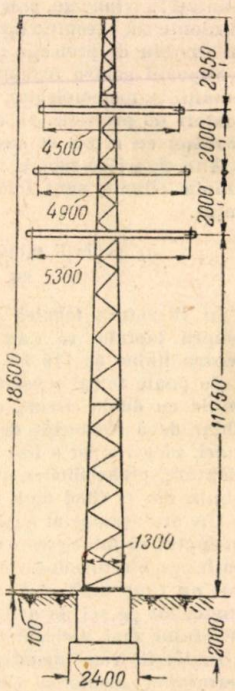


Fig. 10.

La elaborarea proiectelor-tip, s'a căutat în primul rând să se facă economie de material la suporții de susținere, deoarece aceștia folosesc 70...80 % din lemnul total necesar

construcției liniei. In acest scop, se presupune folosirea elemelor cu declanșare automată pentru liniile din regiunea I și II din punct de vedere al condițiilor meteorologice, iar suporții proiectați pentru liniile din regiunea III și IV au o elasticitate mai mare ca tipurile de suporți folosiți anterior. S'au proiectat deasemenea suporți de susținere pentru regiunea I și II, prevăzuți cu cleme fixe.

Totodată, în cazul suporților de susține e prevăzuți cu conductori de protecție, s'a ținut seama în toate cazurile de efortul pe care îl pot prelua aceștia. Insfârșit, la ruperea conductorilor activi, s'a ținut seama de înclinarea consolei și de repartiția neegală a eforturilor ce au loc în acest caz pe cele două picioare ale suportului.

Proiectarea suporților — tip s'a făcut în ipoteza că liniile sunt de categoria I-a, iar materialul — pin impregnat — de categoria II-a. Deasemenea s'au luat în considerare toate regiunile de chiciură, ținând seama de diferite secțiuni ale conductorilor (Cu — 35. 50, 70, 95; Al — 95, 120, 150; Ol — Al — 50, 70, 95, 120, 150, 185). In toate cazurile, s'au presupus alternativele că se montează și că nu se montează conductorii de protecție. Valoarea maximă a unghiului de protecție s'a ales de 30...35°.

Toți suporții normali s'au proiectat pentru două variante. In prima variantă, piciorul stâlpului se execută din stâlpi de 11 m, iar adaosele din stâlpi de 6,5 m, iar în varianta a doua se folosesc stâlpi de 8,5 m atât pentru picioarele, cât și adaosele suporților. Pentru suporții supraînălțați, se folosesc stâlpi de 11 m pentru picioarele suporților și stâlpi de 8,5 m pentru adaose.

Asamblarea piciorului suportului de adaos se face cu ajutorul bandajelor, această construcție prezentând o serie de avantaje mari și anume [14, 15]:

— nu duce la ruperea suportului, în cazul ruperii unui conductor, piciorul suportului rotindu-se în dreptul bandajului;

— înlocuirea adaoselor, în cazul putrezirii lor, se face ușor;

— suportul poate fi asamblat din stâlpi de lemn de lungimi mai reduse.

Din cauza acestor avantaje, acest tip de suport este standardizat în Uniunea Sovietică.

Adâncimea de plantare a suporților s'a presupus de 2,5 m; s'a prevăzut, totodată, posibilitatea fixării picioarelor suporților cu ajutorul pilonilor sau a cleștilor din beton armat.

Pentru alegerea suportului de susținere, s'au studiat trei tipuri de bază: suportul fără diagonale, suportul cu diagonale în formă de Z și suportul cu diagonale în formă de X.

Suportul de susținere fără diagonale, cu toate că reprezintă o soluție simplă, are dezavantajul că necesită stâlpi de diametru mare și nu are suficientă stabilitate.

Suportul de susținere cu diagonale în Z, dacă elimină dezavantajele suportului fără diagonale, folosește — față de suportul cu diagonale în X — mai mult lemn, necesitând stâlpi de diametru mai mare. Stabilitatea în ambele cazuri este aceeași.

Pentru a se putea compara caracteristicele celor trei tipuri de suporți, în tabela Nr.4, se dau diametrii picioarelor suportului și adaosurilor necesare construcțiilor, în cazul când secțiunea conductorilor este Cu — 50, tensiunea liniei fiind de 35 kV.

In consecință, din cauza avantajelor pe care le prezintă, tipul normal al suportului de susținere este cu diagonala în X.

In fig. 11 se dă schița unui suport de susținere pentru o linie de 35 kV, ce poate fi folosită pentru diferite regiuni de chiciură, în funcție de secțiunea și materialul conductorilor,

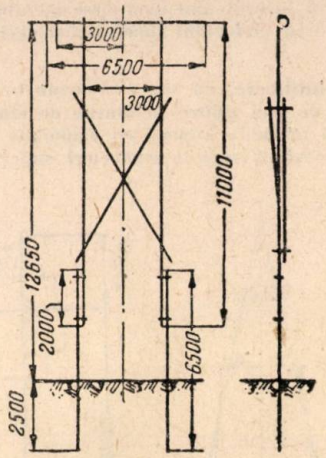


Fig. 11.

precum și după cum se folosesc elemele de susținere cu declanșare automată, sau cleme fixe.

In fig. 12, se dă schița unui suport de susținere pentru o linie de 110 kV. De menționat că pentru fiecare tip de suport,

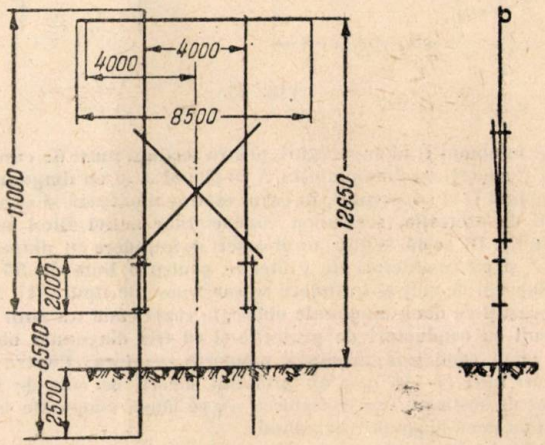


Fig. 12.

s'a elaborat o fișă, în care se specifică pentru ce secțiuni de conductori și cu ce cleme de susținere poate fi folosit, ținând seamă de regiunea corespunzătoare din punct de vedere al condițiilor meteorologice.

In cazul suporților de susținere, la care se montează și conductorii de protecție, s'au introdus două modificări față de tipurile folosite mai înainte și anume:

Tabela Nr. 4

Regiunea din punct de vedere al cond.țiilor meteorologice	Suport fără diagonale		Suport cu diagonale în Z		Suport cu diagonale în X		Tipul clemei de susținere
	Piciorul suportului	Adaosul	Piciorul suportului	Adaosul	Piciorul suportului	Adaosul	
I	19	26	18	21	18	19	Cu declanșare automată
II	18	26	18	22	18	20	
III	22	2×26	22	2×26	21	2×24	Fixă
IV	23	2×26	23	2×26	21	2×24	

8,5

— fixarea conductorului de protecție se face direct pe piciorul suportului, printr'un dispozitiv foarte simplu, eliminându-se astfel necesitatea montării unei console;

— fixarea consolei pentru susținerea conductorilor activi se face prin intermediul unei piese metalice, evitându-se astfel scobirea piciorului suportului și deci slăbirea acestuia.

Suporții de întindere, cu sau fără conductori de protecție, s'au proiectat de trei tipuri, în funcție de eforturile la care sunt supuse și anume: suporți cu diagonale orizontale în cruce, pentru secțiuni mici de conductori, suporți cu diagonale

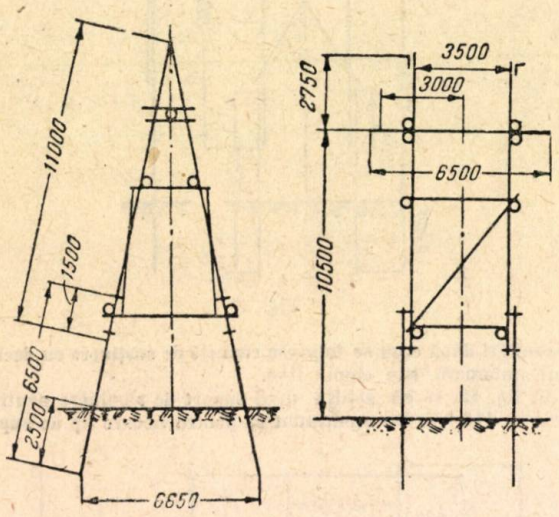


Fig. 13.

în Z în planul Π al suportului, pentru secțiuni mari de conductori și suporți cu diagonale în X în planul A și cu diagonale Z în planul Π al suportului, în cazul când se montează și conductorii de protecție, secțiunea conductorilor activi fiind mare.

In fig. 13, se dă schița unui suport de întindere cu diagonale în Z și cu conductori de protecție, pentru o linie de 35 kV.

Suporții de colț și întindere se construesc de tipul $A\Pi$, fiind prevăzuți cu două diagonale oblice, în cazul când nu sunt prevăzuți cu conductori de protecție și cu trei diagonale oblice, în cazul când este necesară montarea acestora. Pentru unghiuri mici ($5-10^0$), s'au proiectat suporți de colț de tipul celor de susținere, cu deosebirea că, pe lângă diagonale în X, mai au două diagonale orizontale.

Suporții de capăt sunt proiectați de trei tipuri ca și suporții de întindere.

Comparând cantitatea de material necesară pentru noile tipuri de suporți față de cantitatea folosită la tipurile precedente, autorii proiectului [13 arată că se realizează economii dela 5 la 25%, în funcție de secțiunea și materialul conductorilor și de regiunea în care se construește linia.

Lemnul folosit pentru construcția liniilor de înaltă tensiune este necesar să fie impregnat [16]. Practica exploatării a arătat comportarea slabă a lemnului de molift impregnat față de alte esențe folosite în construcția liniilor [10]. Din această cauză, Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S. — prin Hotărîrea Nr. 63 din 2 Noemvrie 1950 — stabilește că lemnul de molift impregnat poate fi folosit numai la construcția liniilor de clasa II-a. Folosirea lemnului de molift impregnat la liniile de clasa I-a se admite numai în cazul când consumatorul alimentat de această linie mai are o a doua sursă de alimentare. Deasemenea, nu se admite folosirea lemnului de molift impregnat la construcția liniilor de tranzit importante sau pentru consolele și adaosele liniilor de înaltă tensiune, indiferent de clasa lor [17]. In locul moliftului, urmează a se folosi lemn de pin sau de stejar.

In țara noastră, această problemă prezintă un aspect deosebit, deoarece moliftul este foarte mult folosit în construcția liniilor de înaltă tensiune.

Pentru a evita înlocuirea adaoselor la intervale scurte, mai ales când obținer a lemnului impregnat întâmpină dificultăți, în Uniunea Sovietică se constată în ultimii ani tendința folosirii cleștelor din bet n armat, fără ca acest sistem să fie generalizat [18, 19].

c) Suporții din beton armat centrifugat pentru liniile de 110 și 35 kV

Utilizarea suporților din beton armat centrifugat pentru construcția liniilor de înaltă tensiune, este în U. R. S. S. relativ redusă. In ultimii ani însă, Institutul de Studii și Cercetări hidroenergetice și de construcții din Tbilissi (TNISGEI) a elaborat o serie de tipuri de suporți pentru liniile de 6,10,35, 110 kV [20, 21]. Avantajele pe care le prezintă acești suporți sunt următoarele [20]:

— sunt de 2—4 ori mai ieftini ca suporții metalici, ducând totodată la economii de material feros. Față de suporții de lemn sunt ceva mai scumpi ca investiție inițială. Ținând seama de viața lor lungă, precum și de faptul că necesită o întreținere mai ușoară, costul lor total revine mai eftin;

— necesită o întreținere mult mai ușoară ca a suporților metalici sau din lemn.

In schimb, suporții de beton prezintă dezavantajul că au o greutate relativ mare, ceeace îngreunează tramsportul și montarea lor. Ținând seama de toți factorii menționați mai sus, alegerea suporților din beton armat centrifugat pentru construcția liniilor de înaltă tensiune reprezintă soluția optimă pentru multe categorii de linii.

Instalația de centrifugat dela Tbilissi poate confecționa stâlpi de maximum 20 m lungime.

Suporții pentru liniile de 35 și 110 kV se confecționează din tronsoane cilindrice ce se asamblează. Diametrul tronsonului interior variază dela 30...60 cm, iar a tronsonului superior dela 20...30 cm. Grosimea pereților este de 3...5 cm.

Asamblarea a două tronsoane se face cu ajutorul unei diafragme, așa cum se vede în fig. 14.

Armătura longitudinală poate fi executată fie din fier beton, fie din oțel special, în care caz se recomandă pretensionarea.

S'au confecționat și suporți conici, din tronsoane, asamblarea făcându-se fie prin sudarea armăturii longitudinale, fie prin folosirea unui dop din beton armat.

Traversele suporților se confecționează prin centrifugare sau prin vibrare.

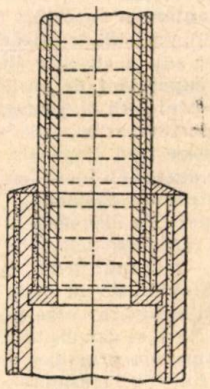


Fig. 14.

Cantitatea de materiale necesare pentru 1 m³ de beton este, în medie, următoarea:

ciment 300—400 . . . . . .450 kg;
nisip cuarțos. . . . . .0,6 m³;
pietriș (cu dimensiuni de max. 1 cm) 0,4 m³

Centrifugarea se execută în forme nesecționate, ce se găsesc în camere de aburi, la presiunea normală a aburului și la temperatura de 75 °C.

Pentru scoaterea ușoară a stâlpului din formă, pe suprafața interioară a formei se află parafină, care la temperatura de + 75° se topește, suprafața exterioară a stâlpului devenind netedă.

In fig. 15, se dă schița unui suport de susținere și a unui suport de întindere, fără conductori de protecție, armătura longitudinală fiind pretensionată. S'au confecționat tipuri analoage de suporți, formați din patru tronsoane, în cazul când linia este prevăzută și cu conductori de protecție.

În cazul montării conductorilor într'un plan orizontal, tipul suportului de susținere este dat în fig. 16.

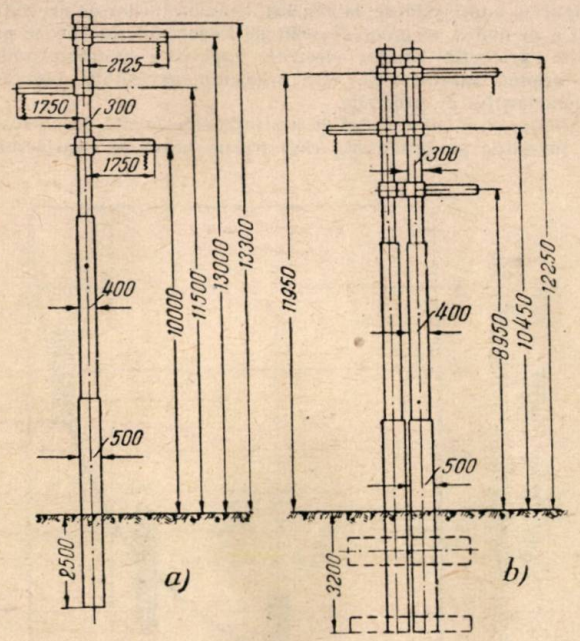


Fig. 15.

Este necesar să se menționeze că liniile de 35 kV pe suporți din beton armat centrifugat sunt prevăzute a fi construite numai cu izolatori suspendați.

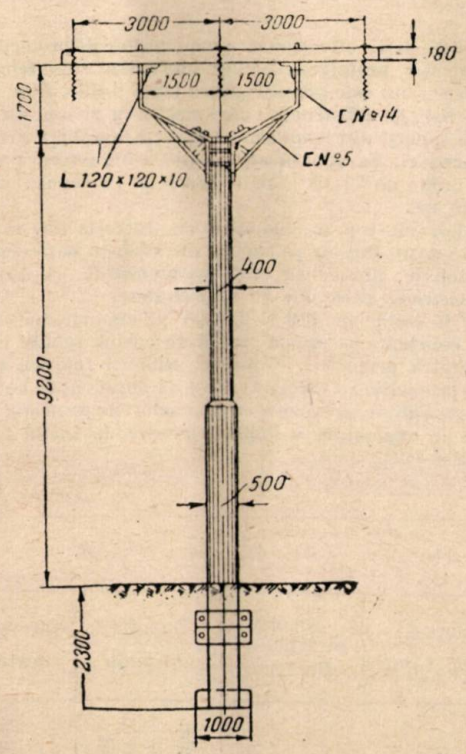


Fig. 16.

În fig. 17, se dă schița unui suport de susținere pentru linia de 110 kV. Deoarece suporții din beton armat centrifugat, din punct de vedere al protecției contra supratensiunilor atmosferice, se comportă ca și suporții metalici [22], se impune montarea conductorilor de protecție.

2. CONDUCTORII ȘI IZOLATORII

În Uniunea Sovietică, se folosesc în deosebi conductorii din oțel-aluminiu normali (cu raportul secțiunilor dintre aluminiu și oțel de 7,60...8,73 la conductorii 01—Al—35 ... 01—Al—70 și de 5,33...5,60 la conductorii 01—Al—95 ... 01—Al—400). Folosirea conductorilor de oțel-aluminiu întăriți este rară și aproape exclusiv la liniile de 220 kV. Dealtfel, studiile efectuate în această direcție [23] demonstrează inutilitatea folosirii lor, propunând chiar mărirea raportului dintre secțiunea de aluminiu și cea de oțel la conductorii obișnuiți.

Stabilirea condițiilor de calcul al conductorilor reprezintă una din problemele de bază ale proiectării liniilor electrice aeriene, astfel încât este necesar să fie analizată mai adânc.

În prescripțiile sovietice [16], coeficientul de siguranță indicat este dat de raportul dintre rezistența maximă admisibilă și rezistența de rupere a conductorului.

Coeficientul de siguranță, astfel stabilit, prezintă avantajul că este comod pentru efectuarea calculelor, însă nu caracterizează real aspectul fizic al fenomenului. Ar fi fost mult mai rațional a introduce coeficientul de siguranță zis de exploatare propus de unii autori [24, 2] și precizat de către prof. A. A. Glazunov. Valoarea acestui coeficient este dată de relația [23]:

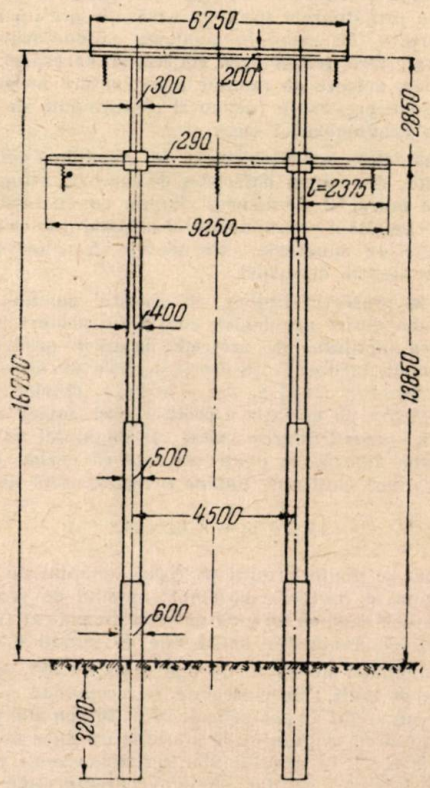


Fig. 17.

$$K_{ex} = \frac{\gamma_m - \gamma_1}{\gamma_r - \gamma_1}$$

unde γ_m — sarcina specifică de rupere a conductorului;
γ_r — sarcina specifică maximă de calcul;
γ_1 — sarcina specifică dată de greutatea proprie a conductorului.

Raportul acestor doi coeficienți este dat de relația:

$$K_{ex} = K_m \sqrt{1 + 24\left(\frac{\sigma_0}{\gamma_0 l}\right)^2}\ \varepsilon_{x0}$$

în care σ_0 și γ_0 — rezistența și sarcina specifică inițială iar ε_{x0} — alungirea specifică totală, prin trecerea dela condiții inițiale la cele finale.

Din relația de mai sus, se poate constata că coeficientul de exploatare este totdeauna mai mare decât coeficientul de sigu-

ranţă mecanică K . Tot dată, analizând această relaţie, rezultă că, coeficientul de exploatare este legat direct de parametrii constructivi ai liniei şi în consecinţă, calculul conductorilor ar fi trebuit să se facă în funcţie de acest coeficient.

Una din principalele probleme ce se pun în determinarea condiţiilor de calcul constă în găsirea soluţiilor celor mai raţionale pentru a mări valoarea coeficientului de exploatare. Prof. A. A. Glazunov a arătat pentru prima dată că metoda micşorării deschiderilor între suporţi şi menţinerii raportului $\gamma_0 = \text{const.}$, în vederea micşorării traeţiunii în conductori reprezintă o soluţie netehnică, propunând pentru aceasta mărirea parametrului $\frac{\gamma_0}{\sigma_0}$. Natural că acelaşi rezultat se poate obţine prin mărirea suprasarcinii luate în considerare în calcule şi menţinerea valorii traeţiunii din conductori.

Ruperea conductorilor reprezintă una din cele mai grave avarii care pot avea loc la o linie aeriană, deoarece poate duce la ruperea suporţilor.

Deteriorarea şi ruperea conductorilor poate fi determinată de unul din următoarele motive: concepţie greşită în proiectarea suporţilor (de exemplu montarea conductorilor într'un plan vertical, fără respectarea condiţiilor necesare), vibraţia conductorilor, defecte de montaj, o exploatare necorespunzătoare, cauze neprevăzute (depuneri excepţionale de chiciură, împuşcarea conductorului etc.).

Analizând datele statistice culese 10 rezultă că deteriorarea conductorilor, din cauza defectelor de montaj, atinge o cifră deosebit de mare. Deasemenea, vibraţia conductorilor, ca şi o proiectare greşită a coronamentului suportului duce la defecte relativ multe. In concluzie, este necesar să se acorde acestor probleme o atenţie deosebită.

Relativ la protecţia liniilor, cu ajutorul conductorilor de protecţie, una dintre problemele care a dat naştere la discuţii este alegerea unghiului de protecţie, deoarece gradul de protecţie al conductorilor de protecţie depinde de acest unghiu. Prof. V. Burgsdorf [12] a dat — în baza datelor statistice obţinute — legea de variaţie a probabilităţii lovirii conductorilor activi, pentru diferite valori ale unghiului de protecţie (fig. 18). Din figură, se poate constata că curba reprezentată are o alură continuă, putând fi reprezentată de relaţia :

$$\lg V\alpha\,\% = 0{,}1\alpha - 3{,}7$$

După cum se poate urmări pe curbă, unghiul de protecţie de 20^0 asigură o protecţie absolută ; unghiul de protecţie de 30^0 asigură deasemenea un grad de protecţie ridicat (probabilitatea lovirii conductorilor activi este de numai 0,3 %).

Pentru unghiuri de protecţie mai mari de 35^0, gradul de protecţie scade mult, ; în consecinţă, se recomandă construcţia liniilor cu un unghi de protecţie de $20 \ldots 30^0$, cu atât mai mult cu cât micşorarea unghiului de protecţie nu duce la cheltueli de investiţie mari. In cazul liniilor cu simplu circuit, pe suporţi portali, sau în cazul liniilor cu dublu circuit, după calculele efectuate la „Teploelectroproect", diferenţele de cost, în cazul reducerii unghiului de protecţie dela 35^0 la 20^0, sunt minime.

In cazul suporţilor cu simplu circuit cu conductorii montaţi în triunghiu, noile propuneri de suporţi de susţinere-tip prevăd montarea asimetrică a conductorului de protecţie, astfel încât să nu fie nevoie de suprainălţarea suportului [7 .

Pentru evitarea conturnărilor inverse, este necesar să se asigure o bună punere la pământ a conductorilor de protecţie.

Un al doilea element deosebit de important, în ceeace priveşte protecţia liniilor electrice împotriva supratensiunilor de origină atmosferică, este problema necesităţii montării conductorului de protecţie.

Montarea conductorului de protecţie este legată de cheltueli de investiţie suplimentare, care trebue luate în considerare.

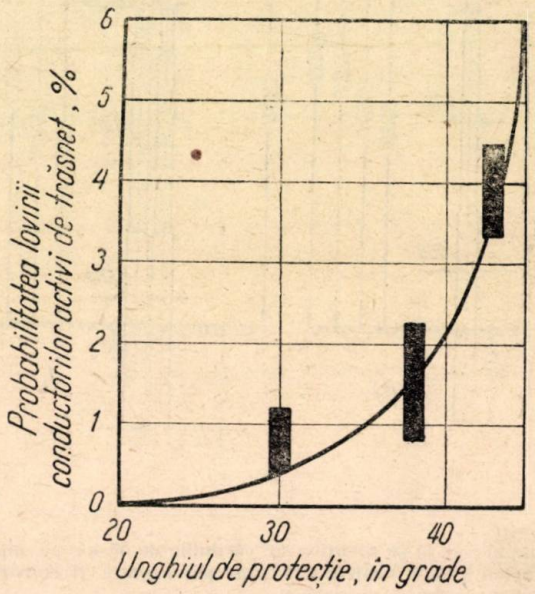


Fig. 18.

Pe de altă parte, eficacitatea conductorilor de protecţie — în ceeace priveşte protejarea liniilor împotriva supratensiunilor atmosferice — nu este aceeaşi pentru toate liniile, fiind funcţie de caracteristicile constructive ale liniei (şi în primul rând dacă linia e pe suporţi din lemn sau pe suporţi metalici), precum şi de tensiunea ei. Se ştie că eficacitatea conductorilor de protecţie la liniile de 35 kV e mai redusă ca în cazul liniilor de 110...220 kV.

Principial, folosirea conductorilor de protecţie este mult mai indicată în cazul liniilor pe suporţi metalici, la care conturnările de izolaţie, din cauza unei supratensiuni, dă naştere la arcuri electrice, care due la scurtcircuite.

Relativ la liniile de 110 şi 220 kV pe suporţi metalici, s'a ajuns la concluzia — ţinând seamă de costul relativ redus şi de eficacitatea protecţiei, — asupra utilităţii folosirii conductorilor de protecţie. In tabela Nr. 5, se dă numărul de declanşări specifice ale liniilor, prevăzute cu conductori de protecţie, bazate pe datele de exploatare a liniilor electrice de înaltă tensiune din U.R.S.S [12].

Tabela Nr. 5

Tensiunea nominală, kV	150—220	110			35		
Construcţia liniei	Suporţi metalici	Suporţi metalici	Suporţi din lemn	Suporţi metalici şi din lemn	Suporţi din lemn		Cu console metalice
Tratarea neutrului	Neutrul legat direct la pământ				Neutrul izolat	Legare directă la pământ	Neutrul izolat
Numărul specific de declanşări ale liniei	0,04	0,14	0,08	0,19	0,13	0,34	1,18

Din tabela de mai sus, se poate constata că liniile de 110 kV pe suporţi din lemn (consolele fiind deasemenea din lemn) se comportă mult mai bine din punct de vedere al protecţiei contra supratensiunilor atmosferice decât liniile pe suporţi metalici, ceea ce este explicabil.

Relativ la liniile de 35 kV pe suporţi din lemn, acţiunea pozitivă a conductorilor de protecţie este mai redusă ca în cazul liniilor analoage de 110 kV. Liniile de 35 kV cu neutrul izolat sau compensat se comportă, din punct de vedere al protecţiei contra supratensiunilor atmosferice, mult mai bine decât liniile de 35 kV cu neutrul legat direct la pământ, ceeace justifică în bună parte evitarea legării directe la pământ a neutrului acestor reţele. In cazul când distanţa dintre conductorii liniei de 35 kV este mică (circa 2...2,3 m), numărul specific al declanşărilor datorită supratensiunilor de natură atmosferică creşte şi mai mult.

Un alt element deosebit de important ce se poate constata în cazul liniilor de 35 kV este influenţa defavorabilă a consolelor metalice la liniile pe suporţi din lemn. Numărul declanşărilor, precum şi a avariilor ce se constată la adaose, izolatori sau conductori este mult mai mare (adesea de peste 10 ori), ceeace duce la concluzia de a construi liniile pe suporţi din lemn numai cu console din lemn.

Liniile pe suporţi metalici fără conductori de protecţie sunt cele mai slabe, din punct de vedere al protecţiei contra supratensiunilor atmosferice.

In tabela Nr. 6, se dau caracteristicile de funcţionare a liniilor fără conductori de protecţie [12].

Tabela Nr. 6

Tensiunea nominală a liniei, kV	220—150	110		35	
Construcţia liniei	Suporţi metalici	Suporţi metalici	Suporţi din lemn	Suporţi din lemn	
Tratarea neutrului	Neutrul legat direct la pământ			Neutru izolat	Legare directă la pământ
Numărul specific de declanşări a liniei	3,6	2,9	1,2	0,9	0,6

Din analizarea datelor din tabela Nr. 6, rezultă necesitatea folosirii conductorilor de protecţie la liniile de înaltă tensiune pe suporţi metalici. De exemplu, la liniile de 110 kV. numărul specific de declanşări este de 0,14 faţă de 2,9, prima cifră referindu-se la liniile cu conductori de protecţie.

Prescripţiile sovietice pentru protecţia instalaţiilor împotriva supratensiunilor atmosferice prevăd folosirea conductorilor de protecţie la liniile pe suporţi metalici de 110...220 kV. In literatura sovietică de specialitate, au apărut însă o serie de note [25], în care s'a cerut modificarea prescripţiilor în sensul ca să se recomande folosirea conductorilor de protecţie şi la liniile de 35 kV pe suporţi metalici.

In cazul liniilor pe suporţi din lemn, problema folosirii conductorilor de protecţie prezintă un caracter special. Spre deosebire de liniile pe suporţi metalici, costul conductorilor de protecţie poate reprezenta circa 20% din costul total al liniei. Pe de altă parte, folosirea conductorilor de protecţie la liniile pe suporţi din lemn este mai puţin utilă ca în cazul liniilor pe suporţi metalici.

Ţinând seama de izolaţia lemnului, după cercetările efectuate în U.R.S.S. [12], 60% din numărul total al loviturilor de trăsnet ce cad pe liniile de 110 kV pe suporţi din lemn, nu sunt primejdioase, iar în cazul liniilor de 35 kV pe suporţi din lemn, aceastâ cifră scade la 50%.

Un al doilea factor, care îmbunătăţeşte funcţionarea liniilor de înaltă tensiune pe suporţi din lemn, este probabilitatea redusă a transformării unei conturnări în arc electric. Această probabilitate este de circa 22%, în cazul liniilor de 110 kV şi de circa 8% la liniile de 35 kV.

Insfârşit, un ultim argument pentru a nu utiliza conductori de protecţie la liniile pe suporţi din lemn este faptul că, prin montarea lor, înălţimea suporţilor creşte şi deci probabilitatea lovirii de către trăsnet, se măreşte.

Să nu rezulte din cele expuse, că funcţionarea liniilor pe suporţi din lemn fără conductori de protecţie, din punct de vedere al protecţiei contra supratensiunilor atmosferice, ar fi mai bună ca a liniilor cu conductori de protecţie. Atât din determinarea pe bază de calcul a gradului de protecţie a liniilor, cât şi datele de exploatare duc la concluzia că numărul specific de declanşări, ca şi avariile suferite sunt mult mai mici în cazul liniilor cu conductori de protecţie. Din consideraţiunile menţionate mai sus şi ţinând seama că liniile de înaltă tensiune pe suporţi din lemn fără conductori de protecţie se comportă suficient de bine la supratensiuni atmosferice, folosirea conductorilor de protecţie nu este absolut necesară.

In ceeace priveşte izolatorii pentru liniile electrice de 35 şi 110 kV, în Uniunea Sovietică se fabrică următoarele tipuri [11, 26]:

— Izolatorii suspendaţi de tip normal—Пц— 2,Пц—4,5 şi Пц—7. Numai izolatorul Пц—7 se deosebeşte ca dimensiuni de tipul vechi П—7.

— Izolatorii suspendaţi de tip special pentru regiuni caracterizate prin depuneri — ПС—4,5 şi НС—4,5.

— Izolatorul tijă pentru liniile de 110 kV—СП—110/5.

— Izolatorul rigid pentru liniile de 35 kV—ШД—35.

Cei mai utilizaţi sunt izolatorii de tipul Пц—4,5. De exemplu, folosirea procentuală a izolatorilor Пц—2, Пц—4,5, Пц—7 şi СП—110/5 este de circa 1; 91,2; 7,5 şi 0,3% [26].

Izolatorii de tipul Пц—2 se folosesc pentru liniile de 35 kV cu conductori de secţiune maximă Cu—50, lungimea cărora reprezintă 4...6% din lungimea totală a liniilor de 35...220 kV

Caracteristicile electrice ale izolatorilor tijă sunt apropiate de caracteristicile unui lanţ de izolatori format din 6 elemente П—4,5, fiind însă de 1,5 ori mai uşor ca acesta. Sarcina de rupere a izolatorului este de 6 tone. In Uniunea Sovietică, aceşti izolatori au fost montaţi pe o linie de 110 kV pe suporţi metalici, cu dublu circuit, fiind montat momentan un singur circuit. Unghiul de protecţie este relativ mare [39°]. S'au montat în total 441 izolatori tijă, dintre care circa 20% nu au armături de protecţie [27,28].

In urma exploatării acestei linii, s'a ajuns la concluzia că utilizarea izolatorilor tijă pentru construcţia liniilor de 110 kV este pe deplin justificabilă,aceşti izolatori dând bune rezultate în practică. In punctele mai importante, din punct de vedere al izolaţiei (intersecţii de linii, deschideri mari), se recomandă utilizarea izolatorilor Пц—4,5. Se impune totodată fabricarea acestor izolatori şi pentru liniile de 35 kV.

Izolatorii rigizi de 35 kV sunt folosiţi rar în Uniunea Sovietică şi se recomandă în cazul liniilor cu caracter provizoriu. Este de menţionat că în literatura tehnică de specialitate din Uniunea Sovietică, nu se menţionează decât foarte rar date în legătură cu aceste reţele,pentru faptul că sunt considerate puţin importante. Marele dezavantaj al liniilor de 35 kV cu izolatori rigizi constă în faptul că numărul specific de declanşări este mult mai mare ca al liniilor cu izolatori suspendaţi.

Experienţa exploatării liniilor de 35 kV cu izolatori rigizi din Rostovenergo [29] a dus la următoarele concluzii:

— Izolatorii rigizi ШД—35 sunt de bună calitate, avarierea lor având loc în majoritatea cazurilor din cauza acţiunilor mecanice exterioare; aceşti izolatori rezistă bine la variaţii relativ mari de temperatură.

— Conturnarea izolatorilor din cauza tensiunilor de şoc se face relativ uşor, din care cauză se recomandă folosirea lor în cazul consolelor din lemn. Utilizarea lor în oraşe sau în regiuni păduroase, unde numărul specific de lovituri de trăsnet este mai mic, dă rezultate mai bune.

— Izolatorii rigizi de pe liniile de 35 kV trebue cercetaţi cu atenţie cu ajutorul defectoscopului, cel puţin odată la 3...5 ani.

Prescripţiile sovietice, privind instalaţiile electrice rurale [9] recomandă folosirea izolatorilor rigizi în cazul liniilor de 35 kV, pentru electrificări rurale.

3. ARMĂTURILE LINIILOR DE 35 ŞI 110 kV

Din exploatarea reţelelor electrice de înaltă tensiune, a rezultat că o bună parte a avariilor se datorese deficienţelor constructive ale armăturilor, din care cauză în ultimul timp s'a acordat acestei probleme o atenţie deosebită.

a) Clemele pentru întinderea conductorilor

Clemele pentru întinderea conductorilor reprezintă armăturile cele mai greu de executat şi de montat. Ele trebue să

reziste la o sarcină de rupere cu 25 % mai mare decât sarcina de rupere a conductorilor, iar prinderea conductorilor să fie astfel realizată încât să reziste la sarcină egală cu 90 % din sarcina de rupere a conductorului.

In Uniunea Sovietică, utilizarea cea mai mare o au elemele de întindere cu buloane de strângere. Se confecționează și eleme de întindere cu pană, recomandate a fi folosite în cazul conductorilor din cupru. Aceste eleme sunt folosite relativ puțin, ca și elemele în mele, neutilizate la noi în țară.

Pentru conductorii de oțel-aluminiu de secțiune mare, se folosese eleme de întindere prin presare. Utilizarea acestor eleme pentru secțiuni obișnuite de conductori (Ol—Al—95... Ol—Al—185) este redusă.

b) **Clemele pentru susținerea conductorilor**

In Uniunea Sovietică, se folosesc atât elemele de susținere fixe sau oscilante, cât și cele cu declanșare automată sau alunecătoare.

Utilizarea cea mai mare o au elemele de susținere fixe, în deosebi la liniile pe suporți metalici, cu simplu sau dublu circuit.

Clemele alunecătoare nu se pot folosi decât la liniile mai puțin importante, având conductori din cupru sau oțel. Exploatarea acestor linii a arătat eficacitatea folosirii lor [30].

Folosirea elemelor de susținere cu declanșare automată la liniile electrice de înaltă tensiune constitue una dintre problemele cele mai controversate.

In literatura tehnică de specialitate, se găsese în general puține indicații în legătură cu această problemă, iar cercetările efectuate, ca și date statistice sunt insuficiente pentru a se putea ajunge la concluzii mai precise.

In Uniunea Sovietică, s'au efectuat o serie de studii atât de către Prof. A. A. Glazunov, cât și în cadrul trustului „Teploelectroproect", ajungându-se la o serie de concluzii interesante [31].

Calculele efectuate au arătat că folosirea elemelor cu declanșare automată la liniile de înaltă tensiune cu conductori de secțiune mai mare decât Cu—70 sau Ol—Al—120 duce la economii mari de material (25 % în cazul suporților din lemn și 15 % în cazul suporților metalici).

In ceeace privește comportarea acestor eleme în exploatare, rezultatele obținute sunt cât se poate de bune. In Uniunea Sovietică, circa 11 % din lungimea totală a liniilor de înaltă tensiune (35...220 kV) sunt prevăzute cu eleme cu declanșarea automată; repartiția lor pe tensiuni este dată în tabela Nr. 7.

Tabela Nr 7

Tensiunea nominală a liniei kV	Lungimea liniilor prevăzute cu eleme cu declanșare automată, față de lungimea totală a liniei de tensiunea respectivă %	Lungimea liniei prevăzută cu eleme de declanșare automată, față de lungimea totală a liniilor prevăzute cu aceste eleme %
220	46,5	26,5
110	12,0	60,0
35	4,0	13,5

In majoritatea cazurilor, liniile prevăzute cu eleme cu declanșare automată sunt cu conductorii montați într'un plan orizontal, și numai o singură linie, de 80 km, are conductori montați după laturile unui triunghiu, linia fiind de 110 kV cu simplu circuit.

Din numărul total al liniilor prevăzute cu eleme cu declanșare automată, 34 % sunt pe suporți metalici și 66 % pe suporți din lemn.

Repartiția elemelor cu declanșare automată, folosite la liniile din diferite regiuni din punct de vedere al condițiilor meteorologice, este dată în tabela Nr. 8.

Tabela Nr. 8

Regiunea	I	II	III	IV
Cleme cu declanșare automată, în procente față de numărul lor total . . .	42,5	42,2	6,1	9,2

Din tabela de mai sus, se poate constata că folosirea elemelor cu declanșare automată în regiunea III și IV este foarte redusă.

Funcționarea elemelor cu declanșare automată a avut loc ori de câte ori s'a rupt un conductor, fiind 25 de asemenea cazuri. In toate aceste cazuri, n'a avut loc niciodată ruperea vreunui suport. Din cele 12 cazuri, la care a avut loc funcționarea elemelor cu declanșare automată, fără ca conductorul să fie rupt, în 10 cazuri declanșarea n'ar fi trebuit să aibă loc, majoritatea lor fiind determinate de deficiențele constructive ale unui anumit tip de clemă cu declanșare automată (tipul RS—2440).

In cazul declanșării elemei are loc căderea conductorilor pe mai multe deschideri (deobicei în una sau două deschideri alăturate, mai rar în tot panoul corespunzător). Din practica exploatării, s'a putut constata că în rețelele cu neutrul direct legat la pământ, nu se constată avarierea conductorilor la căderea acestora, din cauza arcurilor electrice, care ar fi putut lua naștere. In cazul rețelelor cu neutrul izolat sau compensat, avarierea conductorilor căzuți la pământ din cauza declanșării elemei este mică și nu duce la dificultăți de exploatare.

Din cele menționate mai sus, rezultă că elemele cu declanșare automată se folosesc aproape exclusiv la liniile cu conductorii montați într'un plan orizontal, aceasta din cauză că în cazul montării conductorilor într'un plan vertical, nu este exclusă atingerea lor dacă are loc declanșarea elemei.

Practica exploatării singurei linii cu conductori montați în triunghiu și prevăzută cu eleme cu declanșare automată duce la concluzia că folosirea acestor cleme în cazul liniilor cu conductorii montați în triunghiu sau în „brad întors" este posibilă numai cu condiția ca între planurile verticale ale conductorilor să existe o distanță de 0,7...1,5 m și ca clema să fie prevăzută cu un dispozitiv de prindere a conductorului la ruperea acestuia.

In ceeace privește folosirea redusă a elemelor de declanșare automată în regiuni de chiciură intensă, se explică prin faptul că există părerea că aceste eleme ar putea să funcționeze la înclinarea lanțurilor de izolatori, în cazul desprinderii chiciurii de pe conductorii dintr'o deschidere. Calculele efectuate [31] au arătat că înclinarea maximă, care poate avea loc în regiunea IV-a din punct de vedere al condițiilor meteorologice, nu depășește 32 %. In consecință, folosirea elemelor cu declanșare automată și în regiunile caracterizate prin depuneri intense de chiciură este posibilă, concluzie la care s'a ajuns și în urma exploatării rețelelor existente din regiunile III și IV, prevăzute cu aceste eleme, ca și în urma experiențelor de laborator efectuate.

Această concluzie este cu atât mai valabilă pentru țara noastră, unde regiunea I de chiciură, conform normelor în vigoare [32] se caracterizează prin depuneri mai puțin intense de chiciură ca în regiunea IV din U.R.S.S.

In încheiere, este de menționat că folosirea elemelor cu declanșare automată în regiuni muntoase, unde apar denivelări, ca și la intersecții, nu este admisibilă; este necesar deasemenea să se verifice de fiecare dată, în cazul când terenul este înclinat, dacă nu are loc înclinarea prea mare a lanțului de izolatori în cazul depunerilor de chiciură.

Cu toate aceste avantaje, folosirea elemelor cu declanșare automată a fost redusă în ultimii ani, din care cauză fabrica constructoare „Armseti" a fost obligată să gripeze patul elemelor confecționate, transformându-le în eleme fixe [26].

Ținând seama de avantajele pe care le prezintă, la rezoluția care s'a încheiat cu ocazia Conferinței tehnico-științifice privind exploatarea rețelelor electrice de 3... 220 kV în anul 1950, la Rostov pe Don, s'a cerut ca la proiectarea rețelelor electrice să se tindă la folosirea elemelor cu declanșare automată, în deosebi în regiunile caracterizate prin depuneri de chiciură [33].

c) **Armăturile pentru susținerea lanțului de izolatori și elemele de înădire și de contact**

Armăturile pentru susținerea lanțului pe izolatori se execută aproape exclusiv din oțel, prin presare, această metodă fiind mai expeditivă și ducând la rebuturi mult mai puține ca în cazul confecționării acestor eleme din fontă maleabilă.

Pentru înădirea conductorilor, se folosesc de preferință elemele prin erestare.

Practica exploatării rețelelor electrice a arătat că avarierea elemelor de înădire variază [34]. Clemele de înădire cu buloane se deteriorează cel mai mult, după care urmează elemele de înădire prin laminare. Deteriorarea elemelor de înădire prin

crestare este mai frecventă la conductorii de aluminiu şi mai rară la acei din cupru. Se poate afirma că în general avarierea clemelor de înădire pentru conductorii de cupru e de trei ori mai redusă ca avarierea clemelor pentru conductorii de aluminiu [34].

In concluzie, rezultă necesitatea ţinerii evidenţei deteriorării clemelor de înădire, pentru a micşora la minimum avarierea liniilor datorită lor, ceeace dealtfel în Uniunea Sovietică este bine organizat.

Clemele de contact nu pun probleme speciale şi nu duc la dificultăţi în alegerea lor la proiectarea liniilor.

d) Armături de protecţie

Prescripţiile privind protecţia contra supratensiunilor atmosferice [22] impun folosirea armăturilor de protecţie la liniile de 35 kV pe suporţi metalici.

Deoarece comportarea armăturilor de protecţie a fost studiată mult în ultimul timp, ajungându-se la concluzii care răstoarnă unele din principiile stabilite anterior, este necesar să insistăm asupra acestei probleme, arătând rezultatele menţionate în literatura tehnică sovietică [35].

Folosirea armăturilor de protecţie este dictată de următoarele consideraţiuni :

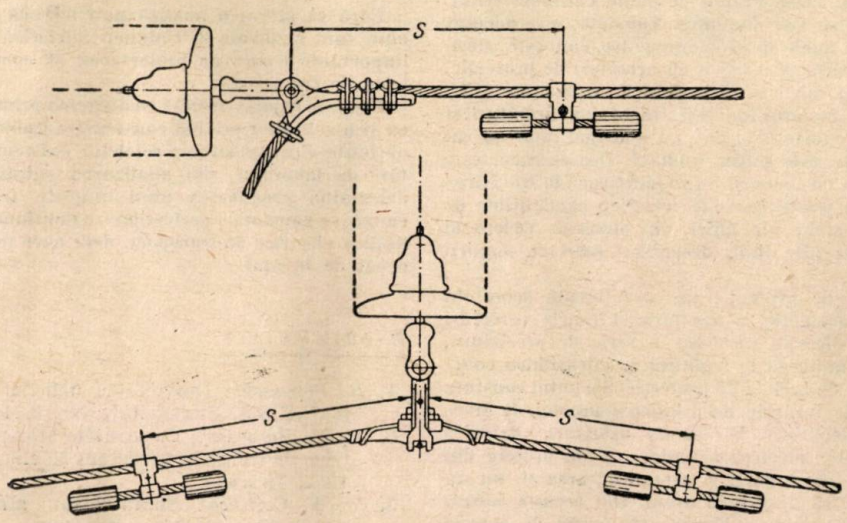


Fig. 19.

— o repartiţie mai uniformă a tensiunii dealungul lanţului de izolatori ;

— protecţia împotriva descărcărilor de şoc în cascadă ;

— înlăturarea arcului de frecvenţă industrială de pe lanţul de izolatori.

Pentru a se preciza rolul armăturilor de protecţie şi necesitatea utilizării lor, se va analiza fiecare parametru în parte.

In legătură cu repartiţia tensiunii dealungul lanţului de izolatori, se ştie că izolatorului situat la partea inferioară a lanţului de izolatori îi revine tensiunea cea mai mare. Această tensiune, în cazul liniilor de 35...220 kV, este cuprinsă între 8...17 kV, valori ce sunt suportate în bune condiţiuni de izolatorii folosiţi în construcţia liniilor electrice aeriene.

Din analizarea a 273 500 izolatori măsuraţi pe reţelele de 110 kV Mosenergo şi a 83 200 izolatori de pe reţelele de 110 kV Lenenergo, pe o perioadă de 10...15 ani, s'a putut deduce că numărul izolatorilor de lângă conductor deterioraţi nu depăşeşte 9...13 % din numărul total al izolatorilor defecţi. Rezultă că acţiunea de lungă durată a tensiunii nominale a liniei nu are o acţiune prea defavorabilă asupra îmbătrânirii izolatorilor.

Pentru precizarea acestui fenomen, s'au efectuat şi încercări de laborator, izolatorul fiind supus la condiţiile atmosferice naturale şi la o tensiune de 40...60 kV, timp de un an : rezultatele obţinute au confirmat concluzia că ridicarea tensiunii la care este supus izolatorul nu duce practic la deteriorarea acestuia.

In realitate, valoarea limită a tensiunii la care poate fi supus izolatorul de pe lângă conductorul liniei este determinată de posibilitatea producerii efectului corona. S'a putut constata că la izolatorii supuşi la o tensiune mai mare, în jurul pivotului are loc producerea efectului corona, ce duce la distrugerea progresivă a suprafeţei zincate şi la corodarea metalului. Totodată, prin crearea unui strat semiconductor pe suprafaţa izolatorului, scade foarte mult tensiunea de descărcare.

Din cauza acestui fenomen, tensiunea-limită, la care pot fi supuşi izolatorii folosiţi în mod obişnuit la construcţia liniilor electrice este de 25...30 kV. Deoarece în cazul liniilor de 35...110 kV inclusiv, tensiunile la care sunt supuşi izolatorii se găsesc sub limitele de mai sus, rezultă că folosirea armăturilor de protecţie pentru repartizarea mai uniformă a tensiunilor dealungul lanţului de izolatori nu este necesară decât pentru tensiuni dela 220 kV în sus.

Producerea descărcării în cascadă dealungul lanţului de izolatori poate duce, în unele cazuri, la distrugerea izolatorilor Acest fenomen nu va avea loc în cazul când timpul de întârziere a descărcării atmosferice pe suprafaţa izolatorului cel mai încărcat va fi mai mare decât timpul de întârziere a descărcării atmosferice dintre izolatorii mărginaşi ai lanţului.

Mărirea întârzierii de descărcare pe suprafaţa izolatorului de pe lângă conductor se realizează prin mărirea raportului $\frac{d}{h}$ unde d este diametrul mantalei izolatorului, iar h — înălţimea acestuia.

Incercările de laborator efectuate au arătat că valoarea acestui raport trebue să fie mai mare decât 2 pentru ca descărcarea în cascadă să nu se producă. Din nefericire, în cazul izolatorilor existenţi, valoarea raportului $\frac{d}{h}$ este cuprinsă între 1,5...1,8.

Micşorarea timpului de întârziere a descărcării atmosferice ce are loc între izolatorii mărginaşi ai lanţului se poate realiza cu ajutorul armăturilor de protecţie. Pentru ca protecţia armăturilor să fie eficace din acest punct de vedere, este necesar însă ca distanţa dintre armături să reprezinte 60...65 % din lungimea totală a lanţului de izolatori. In realitate, pentru a nu folosi prea mulţi izolatori, această distanţă este cuprinsă între 80 şi 85 % din lungimea lanţului de izolatori.

Din această cauză, protecţia lanţului de izolatori împotriva descărcărilor în cascadă, cu ajutorul armăturilor de protecţie nu este posibilă la liniile de 220 kV, iar în cazul liniilor de 110...35 kV, ea se va folosi doar la suporţii metalici, întrebuinţaţi la traversări importante (râuri, căi ferate etc.).

Din analizarea datelor statistice pe o perioadă de 7 ani (1942—1948), referitoare la liniile de 220 kV [36], se constată că numărul de izolatori care prezentau urme de conturnări era foarte mare, cu toate că lanţurile de izolatori sunt prevăzute cu armături de protecţie. Numărul izolatorilor care a trebuit să fie înlocuiţi a fost cu totul redus.

Avarierea izolatorilor, din cauza arcului electric de frecvenţă industrială, se datoreşte acţiunii termice a acestuia asupra izolatorilor. Factorii mai importanţi care influenţează acest feno-

men sunt: intensitatea curentului și timpul de acționare al arcului electric.

În baza experiențelor efectuate, se poate afirma că intensitățile de 400... 1500 A sunt primejdioase. Deoarece nu există date pentru valori mai mari ale curentului arcului electric, nu se pot face deducții în legătură cu influența acestui parametru asupra distrugerii izolatorilor.

Referitor la influența timpului de acționare al arcului de frecvență industrială, s'a putut constata că în general arcul se desprinde relativ târziu de pe armăturile de protecție, deteriorând uneori din cauza aceasta izolatorii. Deoarece timpul de declanșare a liniei de 220 kV este în mod obișnuit mai mic decât timpul necesar pentru desprinderea arcului de pe armături, montarea armăturilor de protecție, din acest punct de vedere, nu este rațională. La liniile de 35 și 110 kV, necesitatea montării armăturilor de protecție trebue determinată în fiecare caz în parte în funcție de timpul de declanșare a liniei. Dealtfel, această problemă, mai ales în ceeace privește stabilitatea termică a izolatorilor, este insuficient studiată și necesită cercetări experimentale.

Ținând seama de rezultatele obținute pe cale experimentală și din exploatarea rețelelor existente, Direcția Tehnică a Ministerului Centralelor Electrice din U.R.S.S. a stabilit, prin Hotărîrea din 21 Ianuarie 1951 [37] că pentru liniile de 35...220 kV, ce urmează să se construiască, nu este necesară montarea armăturilor de protecție; în cazul liniilor de înaltă tensiune, armăturile de protecție nu se vor demonta. Totodată, este necesar să se menționeze că în unele sisteme energetice, cum este Donbasenergo, liniile nu sunt prevăzute cu armături de protecție, fără ca aceste linii să ducă la dificultăți de exploatare [27].

În cazul utilizării izolatorilor tijă, montarea armăturilor de protecție este obligatorie [11, 26], cu atât mai mult cu cât în acest caz, problema este puțin studiată. Deasemenea, este necesar să menționăm, cu toate că nu se precizează în Hotărîrea de mai sus, că nu se poate exclude folosirea armăturilor de protecție în punctele slabe ale liniei, din punct de vedere al izolației (traversări de alte linii, deschideri mari cu suporți suprainălțați etc.).

Forma armăturilor de protecție are o influență deosebită asupra gradului de protecție a acestora. Ultimele cercetări efectuate în această direcție au adus o serie de preciziuni, printre care menționăm aceea în legătură cu eficacitatea coarnelor de protecție față de inelele de protecție. S'a putut constata că inelele de protecție întârzie desprinderea arcului de frecvență industrială, deoarece la aceste armături, datorită autocompensării forțelor electromagnetice, ce iau naștere din cauza alimentării din două părți a curentului arcului, nu au loc forțe radiale, care să desprindă arcul. Din această cauză, armăturile de protecție trebue făcute sub formă de coarne sau de inele secționate.

e) Dispozitive antivibratoare

Vibrația conductorilor duce la obosirea materialului și cu timpul la ruperea acestora. Ruperea are loc deobicei în dreptul elemelor de fixare a conductorilor.

În literatura tehnică, se dau exemple suficiente privitor la avariile provocate de vibrația conductorilor.

Astfel, la cercetarea mai atentă a conductorilor unei linii de 110 kV, cu conductori de Cu—70, ce se găsea în exploatare de 10 ani, s'au constatat următoarele în legătură cu deteriorarea conductorilor din cauza vibrației [38]:

— pe porțiunea din linie ce trece prin terenuri deschise în cazul a 88% din suporții de susținere, conductorii erau deteriorați din cauza vibrației. În regiuni păduroase, deteriorarea conductorilor din cauza vibrației a fost mult mai rară;

— repartiția deteriorării conductorilor era: ruperea unui fir —42%, ruperea a două fire —31%, ruperea a trei — șapte fire—27%, din numărul total al cazurilor constatate.

Datele de mai sus sunt destul de concludente, referitor la necesitatea folosirii dispozitivelor de protecție împotriva vibrației conductorilor.

Din această cauză, în Uniunea Sovietică, s'au făcut studii sistematice atât asupra cauzelor care duc la producerea vibrației conductorilor, cât și relativ la mijloacele de protecție ce trebue luate [39].

Se pot utiliza două mijloace de protecție împotriva vibrației conductorilor și anume:

— *a*) micșorarea valorii sarcinilor rezultante ce acționează asupra conductorului în timpul vibrației, astfel ca ea să devie mai mică decât o anumită valoare critică; această metodă se mai numește „metoda pasivă" de protecție împotriva vibrației";

b) îndepărtarea sau reducerea vibrației conductorilor, cu ajutorul dispozitivelor antivibratoare; avem în acest caz „metoda activă de protecție împotriva vibrației".

În cazul primei metode, există două mijloace. O primă posibilitate constă în construirea adecvată a elemei de fixare a conductorului, astfel ca să oscileze odată cu vibrația conductorilor, opunându-se cât mai puțin posibil vibrației acestuia. O a doua posibilitate constă în utilizarea barelor antivibratoare, mărind prin aceasta acțiunea conductorilor din dreptul elemei.

Metoda pasivă de protecție împotriva vibrației nu este suficient de eficace, reprezentând totodată dezavantajul că duce la construcții relativ dificile ale elemelor de susținere. Din această cauză, se utilizează mai mult metoda activă de protecție.

Dispozitivele antivibratoare ce se pot folosi sunt de diferite tipuri. În Uniunea Sovietică, se folosește de preferință antivibratorul LPI (figura 19), utilizarea acestuia fiind recomandată și de Direcția Tehnică a Ministerului Centralelor Electrice, care a stabilit și distanțele față de elemele de fixare a conductorilor, la care trebue montate [40].

* * *

Fără să facem o analiză mai adâncă, am menționat modul cum sunt rezolvate în Uniunea Sovietică câteva probleme mai importante legate de proiectarea și construcția liniilor electrice de transport.

Din cele expuse, rezultă că alegerea principiilor de proiectare, ca și a soluțiilor privind construcția liniilor, se bazează pe date obținute din exploatarea rețelelor existente, din studii și cercetări de laborator, din analizarea științifică a cauzelor care determină producerea unui anumit fenomen. Din această cauză, se constată o perfecționare continuă a tehnicii construirii liniilor electrice de transport, dela care tehnica noastră nu are decât de învățat.

Bibliografie

1. *B. Popovschi*: Desvoltarea uzinelor și rețelelor electrice în U.R.S.S. Electricitate Nr. 2, 1948.
2. *V. V. Burgsdorf*: Construcția și exploatarea liniilor electrice de transport în regiuni de chiciură întensă. G. E. I, 1947, Moscova.
3. *M. V. Costenco*: Supratensiuni atmosferice și protecția instalațiilor electrice împotriva lor. G. E I., 1949, Moscova.
4. *I. S. Stecolnicov* și alții: Protecția împotriva supratensiunilor atmosferice ale clădirilor și construcțiilor industriale.Ed. Acad. de științe din U.R.S.S., 1951, Moscova.
5. *O. G. Vecselman*: Discuții la prescripții privind construcția liniilor electrice cu tensiunea mai mare de 1000 V. Electricestvo Nr.8, 1950.
6. *V. V. Burgsdorf*: Cercetări privind protecția sistemelor energetice împotriva supratensiunilor atmosferice. Electricestvo Nr. 2, 1949.
7. *R. A. Golubțov*: Suporții metalici tip pentru liniile de 110 kV cu un singur circuit din regiunea I și II de condiții meteorologice. Exploatarea liniilor electrice de transport. Culegere de articole GEI, 1952, Moscova.
8. *G. M. Rozanov*: Despre distanța verticală dintre conductori în regiuni de chiciură. Electricestvo Nr. 3, 1952.
9. Prescripții pentru construcția instalațiilor electrice. Instalații electrice rurale. 1950, Moscova.
10. *G. A. Engel*: Analizarea avariilor de exploatare a liniilor electrice de transport și mijloacele pentru ridicarea siguranței lor de funcționare. Exploatarea liniilor electrice de transport. Culegere de articole GEI, 1952, Moscova.
11. *M. Homiacov* și alții: Indreptar electrotehnic GEI, 1951. Moscova.
12. *V. V. Burgsdorf*: Protecția liniilor electrice de transport împotriva supratensiunilor atmosferice și experiența exploatării lor. Exploatarea liniilor electrice de transport. Culegere de articole GEI, 1952, Moscova.
13. *Iu. C. Covanco*: Suporții tip din lemn pentru liniile electrice de 35 și 110 kV. Idem.

14. *N. I. Sushkin* şi *A. A. Glazunov* : Neue Konstructionen von Kraftübertragungsleitungen. Darea de seamă asupra Conferinţei Mondiale de Energie, vol. XIV, Berlin 1930.

15. *A. A. Glazunov* : Reţelele sistemelor electrice. Ed. Tehnică, 1951.

16. Prescripţii pentru construcţia instalaţiilor electrice. Linii electrice de tensiune mai mare de 1000 V. 1950, Moscova.

17. Cronică referitoare la utilizarea stâlpilor din molift pentru construirea liniilor electrice aeriene. El. Stanţii Nr. 2, 1951.

18. *C. N. Bogoliubschi* : Experienţa fabricării cleştilor din beton armat centrifugat. Exploatarea reţelelor electrice de transport. Culegere de articole GEI, 1952, Moscova.

19. *N. D. Pisarenco* : Din experienţa fabricării şi utilizării cleştilor din beton armat centrifugat. Idem.

20. *E. E. Mihelsohn* : Suporţi din beton armat centrifugat pentru liniile electrice de transport. Idem.

21. *V. V.Scvorţov* : Suporţi din beton armat centrifugat pentru liniile electrice de transport. El.Stanţii Nr. 8, 1950.-

22. Prescripţii pentru construcţia instalaţiilor electrice. Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice. 1950, Moscova.

23. *A. A. Glazunov*, *A. A. Glazunov* şi *G. M, Rozanov* : Raportul economic dintre secţiunea de aluminiu şi oţel în conductorii de oţel-aluminiu, Electricestvo, Nr. 5, 1952.

24. *Cr. Mateescu* : Conf. Intern. d. Grands Réseaux Electr., 1929.

25. *A. B. Cricuncic* şi *A. N. Serenţis* : Discuţii asupra „Prescripţiilor pentru construcţia instalaţiilor electrice. Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice.“ Electricestvo Nr. 1, 1952.

26. *V. O. Noviţki* : Armături pentru linii şi staţii, şi izolatori pentru linii electrice de transport. Exploatarea liniilor electrice de transport Culegere de articoleGEI 1952, Moscova.

27. *T. P. Muşatov* : Din experienţa exploatării liniilor electrice de transport din Donbassenergo. Idem.

28. *G. I. Lâsacovschi* şi *T. P. Muşatov* : Exploatarea izolatorilor tijă fabricaţi în U.R.S.S. El. Stanţii Nr. 9, 1951.

29. *N. L. Gelman* : Din experienţa exploatării izolatorilor rigizi la liniile de 20...35 kV. Exploatarea liniilor electrice de transport. Culegere de articole GEI, 1952, Moscova.

30. *S. M. Grinev* : Experienţa exploatării liniilor de transport de 35...110...220 V din Mosenergo. Idem.

31. *S. Rocolian*, *B. Socolov* şi *A. Serenţis* : Clemele cu declanşare automată la liniile electrice de transport. Electricestvo Nr. 1, 1951.

32. *M. E. E. I. E.* : Prescripţii pentru construcţia liniilor de energie electrică peste 1000 V. Ed. Energetică, 1952.

33. —Rezoluţia Sesiunii Unionale Tehnico-Ştiinţifice pentru exploatarea liniilor electrice de transport. Culegere de articole. GEI, 1952, Moscova.

34. *M. V. Homiacov* : Exploatarea clemelor de înădire a conductorilor liniilor de 6—220 kV. Idem.

35. *G. S. Solodovnicov* : Armăturile de protecţie a liniilor electrice de înaltă tensiune. Electricestvo Nr. 7, 1951.

36. V. *A. Verşcov* şi *P. A. Iuricov* : Câteva probleme în legătură cu protecţia liniilor de 220 kV împotriva supratensiunilor atmosferice. El Stanţii Nr. 6, 1949.

37. *Cronică.* Despre folosirea armăturilor de protecţie la liniile de transport. El. Stanţii Nr. 3, 1952.

38. *N. M. Sipov* : Ruperea conductorilor unei linii de 110 kV din cauza vibraţiilor. El. Stanţii Nr. 5, 1951.

39. *Ia. Liberman* : Vibraţia conductorilor liniilor electrice de transport şi protecţia împotriva lor. Exploatarea liniilor electrice de transport. Culegere de articole. GEI, 1952 Moscova.

40. Cronică. Despre protecţia conductorilor împotriva vibraţiilor. El. Stanţii Nr. 6, 1951.

★

НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ СОВЕТСКОЙ ТЕХНИКИ ПО СООРУЖЕНИЮ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Р е з ю м е

Излагаются некоторые более значительные стороны принципов, которые лежат в основе проэктирования и сооружения линий электропередачи в Советском Союзе. С этой целью описываются опоры (металлические, деревянные и из центрифугированного армобетона) чаще употребляемые в Советском Союзе и принципиально трактуются вопросы, касающиеся активных проводов и тросов, изоляторов и арматуры линий электропередачи, отмечая особо новые направления в проэктировании. Статья содержит ряд данных, основанных на эксплоатации линий электропередачи.

DETERMINAREA EFECTELOR PERICULOASE ALE INDUCȚIEI ELECTROSTATICE INTRE LINIILE DE TENSIUNI DIFERITE, FUNCȚIONÂND PE STÂLPI COMUNI

Ing. ANA BENSIMON

Se prezintă o metodă de calcul al valorii potențialului electrostatic indus în conductorii unei linii de transport ce funcționează pe aceiași stâlpi cu o linie de tensiune mai înaltă. In literatură sunt tratate efectele periculoase ale acestui paralelism, pentru cazul liniilor cu neutrul izolat și al liniilor cu neutrul legat direct de pământ. In articolul de față se propune o metodă pentru calculul rapid al inducției electrostatice între liniile cu neutrul tratat prin bobină de stingere. Articolul cuprinde un exemplu de calcul și indică metoda de a evita ca potențialul indus să atingă valori periculoase.

In rețelele de transport de înaltă tensiune, funcționarea a două linii de tensiuni diferite pe stâlpii pentru dublu circuit este deseori periculoasă prin efectele fenomenelor de inducție electrostatică și electromagnetică, care apar între circuitele celor două linii.

Acest mod de funcționare este neuzual. El este totuși uneori aplicat în rețelele de înaltă tensiune.

Din cauza deranjamentelor grave ce le poate provoca, prin inducerea unui potențial ridicat în linia paralelă de tensiune mai joasă, la o întrerupere sau la o punere la pământ pe linia de tensiune mai înaltă, acest mod de funcționare a liniilor trebue folosit numai cu multă prudență.

De aceea, problema interesează nu numai pe inginerul proectant dar și pe inginerul și tehnicianul de exploatare, care, în orice regim de funcționare a rețelei exploatate, trebue să poată lua măsurile necesare pentru evitarea deranjamentelor cauzate de acest paralelism.

Pentru calculul efectelor periculoase ale inducției datorite paralelismului între linii de tensiuni diferite, se găsesc în literatură metode suficient de expeditive pentru evaluarea potențialului electromagnetic și potențialului electrostatic, induse în liniile cu neutrul izolat sau cu neutrul legat direct la pământ.

Un aspect al problemei, care a fost neglijat, este cazul liniilor având neutrul legat la pământ prin bobină de stingere. Ori, cele mai multe cazuri de paralelism din rețelele de înaltă tensiune sunt tocmai dintre acestea.

Se poate demonstra că potențialul electrostatic indus într'o linie dintr'o rețea cu neutrul tratat prin bobine de stingere, este teoretic infinit la anumite poziții de acord ale bobinei.

In cele ce urmează se propune o metodă pentru calculul rapid al inducției electrostatice între liniile cu neutrul tratat.

Se știe, că în funcționarea normală a unei linii de transport, tensiunile celor trei faze fiind echilibrate, potențialul electrostatic indus într'un conductor al circuitului paralel este practic nul. Atunci însă, când din cauza unei puneri la pământ monofazice pe una din liniile depe stâlp, apare un potențial homopolar în conductorii acesteia, se induce un potenț al electrostatic în conductorii liniei paralele. Pericolul este mai mare pentru rețeaua liniei de tensiune mai joasă, căci acolo nivelul iz lației este mai scăzut.

Potențialul homopolar fiind același în cele trei faze ale unei linii, studiul poate fi simplificat considerând că fenomenul se produce între doi conductori situați în centrul geometric al conductorilor fiecărei linii.

In cazul când linia indusă are neutrul izolat față de pământ, schema folosită este cea din fig. 1, în care C_0 reprezintă capacitatea liniei

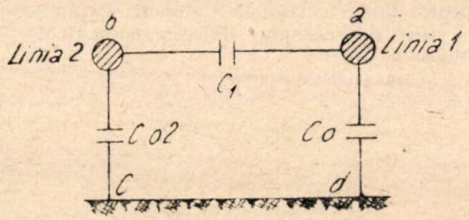


Fig. 1.

1 față de pământ când linia 1 ar fi singură pe stâlp.

La fel s'a notat C_{02} pentru linia 2 singură.

C_1 reprezintă capacitatea între cele două linii depe același stâlp.

Din schema din fig. 1, se vede imediat că capacitatea liniei 1 față de pământ se mărește prin prezența liniei 2 pe stâlp, deoarece capacitatea circuitului $a-d$ se pune în paralel cu capacitatea circuitului $a-b-c$.

In literatură sunt date diagramele din fig. 2, întocmite pentru determinarea sporului capacității unei linii când pe același stâlp există un al doilea circuit care nu se află sub tensiune. Sporul este dat în funcție de distanța medie între conductorii primei linii, pentru tipurile de stâlp *b*, *c*, *d*, *e* și *f*.

In cazul când linia 2 are neutrul legat la pământ prin bobină de stingere, schema de calcul este dată în fig. 3, în care s'au folosit aceleași notații ca și în fig. 1. L_{02} este inductanța echivalentă a bobinelor de stingere. Dacă X_1 este reactanța capacitivă între liniile 1 și 2 depe același stâlp iar X_2 este reactanța totală dintre linia 2 și pământ, când linia 1 ia poten-

țialul homopolar V_0, potențialul indus în linia 2 se poate calcula prin relația :

$$V_2 = \frac{V^0}{\bar{X}_1 + \bar{X}_2} \cdot \bar{X}_2 \qquad (1)$$

Reactanța X_2 rezultă din punerea în paralel a reactanței inductive între linia 2 și pământ

Să notăm prin $C_{0,p}$ această valoare și prin C' capacitatea circuitului $a-b-c$. Atunci

$$C_{0,p} = C_0 + C' \qquad (2)$$

iar $C' = \frac{C_1 \cdot C_{02}}{C_1 + C_{02}}$

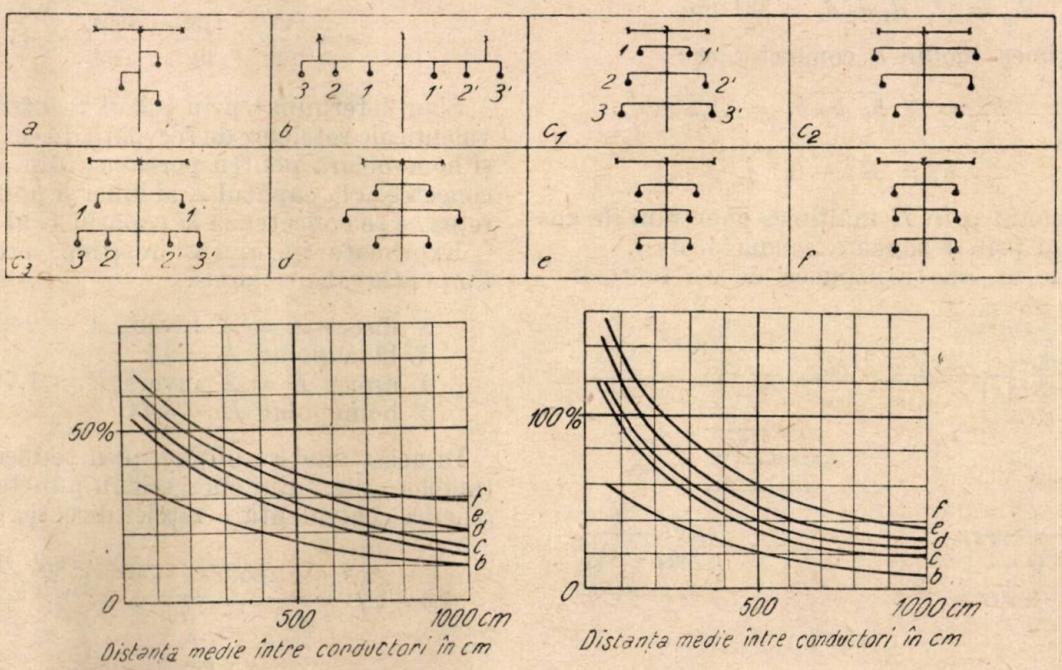


Fig. 2.

cu reactanța capacitivă între linia 2 și pământ Prima se calculează pe baza caracteristicilor bobinelor de stingere din rețeaua 2, a doua se calculează pe baza capacității C_{02} a liniei 2 singură față de pământ.

Reactanța X_1 între liniile 1 și 2 se calculează pe baza capacității C_1 între linii.

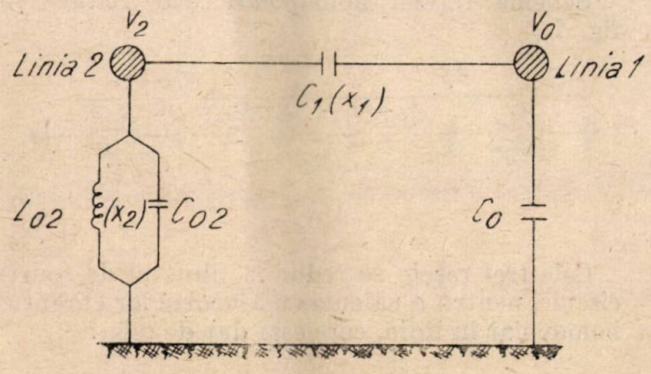


Fig. 3.

X_1 și X_2 sunt de sens contrar deoarece reglajul modern al bobinelor de stingere se face cu dominarea curentului inductiv.

Capacitatea C_1 se poate determina cu ușurință observând că în cazul când linia 2 ar fi izolată față de pământ (vezi schema din fig. 1) valoarea mărită a capacității liniei 1 în prezența liniei 2 se obține cu ajutorul diagramei din fig. 2.

Cunoscând pe $C_{0,p}$, C_0 și C_{02} se poate calcula din relațiile de mai sus capacitatea C_1 între cele două linii.

Potențialul V_2 indus în linia 2 se suprapune peste potențialul fiecărei faze iar izolația rețelei este supusă tensiunii rezultante.

Considerând că izolația rețelei este calculată pentru tensiunea compusă a liniei 2, se va verifica prin metoda indicată aici, dacă tensiunea simplă, însumată cu tensiunea indusă V_2, nu depășește valoarea tensiunii compuse, în cazul cel mai defavorabil când V_2 ar fi în fază cu tensiunea uneia din faze.

Or $\bar{X}_2$ este reactanța homopolară a rețelei 2, care are diferite valori după regimul de funcționare al rețelei, cerut de exploatare (de ex. deconectarea unor linii din rețeaua 2).

In concluzie se impune a verifica valoarea potențialului electric indus în linia paralelă, pentru fiecare regim de funcționare al rețelei și a face acordul bobinelor de stingere astfel ca V_2 să nu intre niciodată în zona periculoasă.

5. EXEMPLU DE CALCUL

Pentru a ilustra metoda de calcul enunțată mai sus, se va studia un caz practic de transport de energie electrică pe o linie de 110kV purtând un circuit de 110 kV și un circuit de 60 kV.

Caracteristicile liniei în porțiunea de paralelism :

Secțiunea liniei de 110 kV 3×70 mm² Cu
Secțiunea liniei de 60 kV 3×50 mm² Cu
Lungimea porțiunii de paralelism . . . . . $l_1 = 20$ km

Distanța medie între conductorii unui circuit :

$$d_m = \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3} = 364 \text{ cm}$$

Înălțimea medie a conductorilor :

$$h_m = \sqrt[3]{h_1 h_2 h_3} = 11{,}2 \text{ m}$$

în care :

$$h_1 = H_1 - 0{,}7 f$$

(S'a notat prin H înălțimea punctului de suspensie și prin f săgeata conductorului).

Liniile nu au transpuneri de conductori.

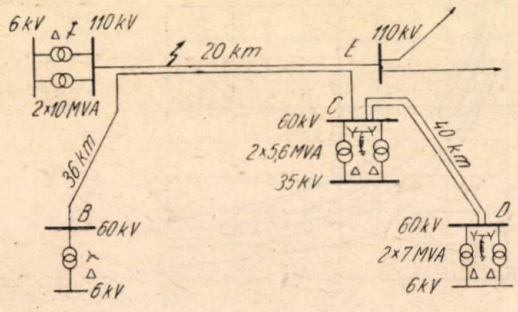


Fig. 4.

Atât rețeaua de 110 kV cât și cea de 60 kV au neutrul tratat. In rețeaua de 110 kV transformatorii au punctul neutru legat direct la pământ pe partea de 110 kV. In rețeaua de 60 kV în stațiile C și D, transformatorii au pe partea de 60 kV neutrul legat pe bobine de stingere. In stația B neutrul este izolat.

Pentru a calcula potențialul maxim homopolar ce poate apare în linia de 110 kV în cazul unei puneri la pământ monofazice pe această linie se figurează retelele de secvență directă, inversă și homopolară ale sistemului energetic.

Se neglijează rezistențele rețelei și rezistența solului.

Reactanțele și curentul homopolar în linie se vor exprima în unități relative, raportate la o putere de bază [1])

Se alege puterea de bază : $P_b = 1000$ MVA iar tensiunea de bază : $U_b = 115$ kV

Din aceste mărimi se deduce o reactanță de bază :

$$X_b = \frac{U_b^2}{P_b} = \frac{115^2}{1000} = 13{,}2$$

Se raportează toate reactanțele rețelei calculate pentru tensiunea de 110 kV, la reactanța de bază, cu ajutorul relației :

$$x = \frac{X}{X_b}$$

[1]) Vezi : *Ulianov*, Scurtcircuite în sistemele electrice; Ediția IV, 1952.

Astfel reactanța liniei de 110 kV între stațiile A și E va fi :

$$x = 0{,}4 \times 20 \times \frac{1000}{115^2} = 0{,}604$$

iar reactanța transformatorului de 110/6 kV, 10 MVA, din stația A

$$x = \frac{17}{100} \cdot \frac{115^2}{10} \cdot \frac{1000}{115^2} = 17$$

S'au determinat prin calcul reactanțele echivalente ale rețelelor de secvență directă, inversă și homopolară pentru porțiunea din rețea ce se conectează la capătul A al liniei și porțiunea din rețea ce se conectează la capătul E al liniei.

Exprimate în unități relative, aceste reactanțe echivalente sunt :

X direct $A = X$ invers $A = 24{,}2$
X homopolar $A = 17$
X direct $E = X$ invers $E = 1{,}727$
X homopolar $E = 3{,}44$

In acest mod se obține, prin reducerea reactanțelor sistemului energetic în punctele A și E, schema echivalentă a rețelei directe, din fig. 5.

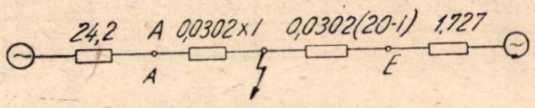


Fig. 5.

Schema rețelei inverse este redată în fig. 6.

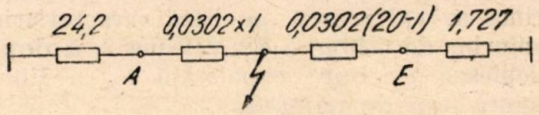


Fig. 6.

Schema rețelei homopolare este redată în fig. 7.

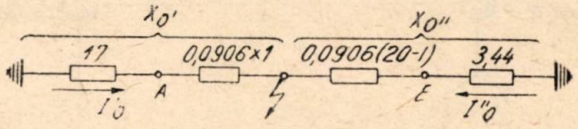


Fig. 7.

Cele trei rețele se reduc la punctul de scurtcircuit, pentru a calcula cu ajutorul lor curentul homopolar în linie, care este dat de relația :

$$I_0' = \frac{1{,}08}{X_d + X_i + X_0} \cdot \frac{X''}{X_0' + X_0''} \cdot \frac{P_b}{\sqrt{3}\, U_b}$$

funcție de distanța 1 dela stația A la locul defectului.

In expresia aceasta I_0' este curentul homopolar ce parcurge rețeaua dinspre stația A spre locul defectului.

X_0' este reactanța homopolară redusă a rețelei, din partea stației A iar X_0'' este reactanța homo-

polară redusă a rețelei din partea stației E (vezi fig. 7).

Potențialul homopolar maxim ce poate apare în linia de 110 kV pe porțiunea de paralelism, are loc la un scurtcircuit monofazat ce s'ar produce într'un punct situat la distanța l de stația A, l fiind valoarea ce face maximă funcția :

$$V_0 = X_0' I_0'$$

Se găsește prin calcul că potențialul homopolar maxim în linia de 110 kV are loc în cazul unui scurtcircuit la o distanță de cca 6 km de stația A.

Reactanța directă redusă la acest punct este :

$$X_d = 1{,}98$$

Reactanța inversă se consideră egală :

$$X_i = 1{,}98$$

Reactanța homopolară redusă se obține :

$$X_0 = 3{,}71$$

Curentul homopolar în porțiunea de linie între stația A și locul defectului, se găsește :

$$I_0' = \frac{1{,}08}{1{,}98 + 1{,}98 + 3{,}71} \cdot \frac{4{,}71}{22{,}25} \cdot \frac{1000}{\sqrt{3}\ 115} = 0{,}150 \text{ kA}$$

Potențialul homopolar la locul defectului se calculează prin produsul :

$$V_0 = X_0' I_0' = 17{,}543 \times \frac{115^2}{1000} \times 0{,}150 \text{ kV} = 34{,}7 \text{ kV}$$

Urmează să calculăm reactanța homopolară X_2 a rețelei de 60 kV.

Capacitatea față de pământ a conductorilor liniei de 110 kV, fără a ține seama de prezența liniei paralele de 60 kV, se obține prin calcul și este :

$$C_0 = 3{,}972 \times 10^{-9} F/\text{km}$$

La această valoare se adaugă un spor de 12% datorit capacității instalațiilor anexe ale rețelei [2])

Se obține astfel capacitatea liniei de 110 kV față de pământ considerată fără prezența liniei paralele.

$$C_0 = 4{,}45 \times 10^{-9} F/\text{km}$$

Cu ajutorul diagramei din fig. 2 se determină capacitatea liniei de 110 kV în prezența circuitului de 60 kV. La o distanță medie $d = 364$ cm. se găsește un spor al capacității datorit circuitului paralel, de 33%

$$C_{0p} = 4{,}45 + \frac{33 \times 4{,}45}{100} 10^{-9} F/\text{km} = 5{,}91 \times 10^{-9} F/\text{km}$$

Cu foarte mică aproximație, capacitatea față de pământ a liniei de 60 kV se consideră egală cu cea a liniei de 110 kV și deci :

$$C' = C_{0p} - C_0 = (5{,}91 - 4{,}45)\ 10^{-9} F/\text{km} = 1{,}46 \times 10^{-9} F/\text{km}$$

[2]) Vezi, *Sirotinski*, „Tehnica tensiunilor înalte".

Din relația (2) se calculează capacitatea C

$$C_1 = \frac{C_{02} C'}{C_{02} - C'} = \frac{4{,}45 \times 1{,}46 \times 10^{-18}}{(4{,}45 - 1{,}46)\ 10^{-9}}$$

$$C_1 = \frac{6{,}5 \times 10^{-18}}{2{,}99 \times 10^{-9}} = 2{,}175 \times 10^{-9} F/\text{km}$$

Reactanța capacitivă între cele două circuite depe stâlp :

$$\bar{X}_1 = \frac{-1}{C_1 l_1 \omega} = \frac{-10^9}{2{,}175 \times 20 \times 2\pi 50}$$

$$\bar{X}_1 = -73.100\ \Omega$$

Reactanța capacitivă între linia de 60 kV și pământ se calculează prin relația :

$$X_{0c} = \frac{1}{(C_0 l_1 + C_0' l)\ \omega}$$

$$\bar{X}_c = \frac{-10^9}{(4{,}5 \times 20 + 4{,}82 \times 115)\ 314} = -4950\ \Omega\ ^*)$$

Reactanța homopolară inductivă a rețelei de 60 kV se calculează cu ajutorul schemei din fig. 8.

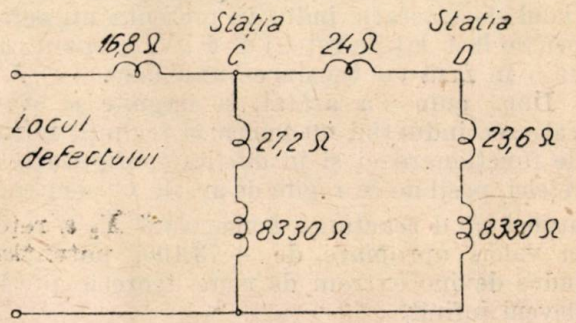


Fig. 8.

Elementele rețelei homopolare se calculează după cum urmează :

Reactanța liniei între stația C și punctul de defect :

$$\bar{X}_0 = 3 \times X \times l = 3 \times 0{,}4 \times 14 = 16{,}8\ \Omega$$

Reactanța liniei între stațiile C și D

$$\bar{X}_0 = \frac{1}{2} \times 3 \times X \times l = \frac{1}{2} \times 3 \times 0{,}4 \times 40 = 24\ \Omega$$

Reactanța transformatorilor din stația C :

$$\bar{X}_0 = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U^2}{P} = \frac{8{,}5}{100} \cdot \frac{60^2}{2 \times 5{,}6} = 27{,}3\ \Omega$$

Reactanța transformatorilor din stația D :

$$\bar{X}_0 = \frac{9{,}2}{100} \cdot \frac{60^2}{2 \times 7} = 23{,}6\ \Omega$$

Bobinele de stingere din stațiile C și D au aceleași caracteristici :

Puterea	520 kVA
Tensiunea	34,7 kV
Curentul	10—12,5—15 A

*) Capacitatea față de pământ a celorlalte linii ale rețelei de 60 kV s'a găsit : $C_0 = 4{,}82 \times 10^{-9}$ F/km

Reactanța lor homopolară se calculează :

$$X_0 = 3\,\frac{V}{I} = \frac{3 \times 34.700}{12{,}5} = 8\,310\,\Omega$$

Cu ajutorul schemei din fig. 8 se obține reactanța inductivă homopolară, redusă la punctul defectului :

$$X_{0L} = 4197\ \Omega$$

Prin legarea în paralel a celor două reactanțe, se obține reactanța homopolară totală a rețelei :

$$\bar{X}_2 = \frac{\bar{X}_{0L} \times \bar{X}_{0C}}{\bar{X}_{0L} + \bar{X}_{0C}} = \frac{4197\ (-4950)}{4197 - 4950} = 27.600\ \Omega$$

Potențialul electrostatic indus în linia de 60 kV în cazul unui scurtcircuit monofazat în linia de 110 kV, se calculează prin relația (1) :

$$\bar{V}_2 = \frac{\bar{V}_0 \bar{X}_2}{\bar{X}_1 + \bar{X}_2} = \frac{34{,}700}{-73.100 + 27.600} \times 27.600\ \text{kV} = -21\ \text{kV}$$

Rezultă deci că valoarea găsită pentru potențialul electrostatic indus va prezenta un pericol pentru instalațiile rețelei de 60 kV, în cazul când ar fi în fază cu tensiunea unei faze.

După cum s'a arătat, se impune a studia valoarea inducției nu numai în regimul normal de funcționare ci și în diferite configurații ale rețelei, posibile în regim de avarie. Observăm că atunci când reactanța homopolară $\bar{X}_2$ a rețelei ia valori apropiate de + 73.100, potențialul indus devine extrem de mare, teoretic putând deveni infinit.

Evaluăm în acest scop curentul rezidual de punere la pământ, la care potențialul indus intră în zona periculoasă.

La o reactanță homopolară a rețelei de 60 kV egală cu :

$$\bar{X}_2 = +73.100\ \Omega$$

curentul rezidual în linie este :

$$I_0 = \frac{U}{\sqrt{3}\,X_2} = \frac{60.000}{\sqrt{3} \times 73.100} = 0{,}475\ \text{A (inductiv)}$$

Stabilind valoarea de 20 kV ca limită admisibilă a potențialului indus în linia de 60 kV (pentruca însă at cu tensiunea pe fază a liniei, el să nu depășească valoarea tensiunii compuse) se calculează reactanța X_2 c respunzătoare cu ajutorul relației (1) :

$$-20 = \frac{34{,}700}{-73.100 \times \bar{X}_2\,(20)} \cdot \bar{X}_2\,(20)$$

$$\bar{X}_2\,(20) = 26.800\ \Omega$$

Curentul rezidual ce corespunde acestei reactanțe :

$$I_0 = \frac{60.000}{\sqrt{3} \times 26.800} = 1{,}3\ \text{A (inductiv)}$$

Rezultă deci că pericolul inducției electrostatice din cauza paralelismului apare la un curent rezidual cuprins între limitele 0,475 — 1,3 A. Aceasta înseamnă că la reglajul bobinelor de stingere trebue evitată zona din jurul poziției de acord, cu rezultantă inductivă în punctul defectului.

Se știe că găsirea poziției de acord se poate face fie măsurând pentru diferite ploturi curentul ce traversează bobina în rețeaua sănătoasă, fie măsurând tensiunea la bornele bobinei. Se demonstrează că aceste valori sunt maxime în poziția de acord a bobinei.

Acordarea bobinei se face în modul următor.

Să presupunem că din calcul rezultă o valoare reziduală a curentului homopolar periculoasă de 0—1,3 A.

Să presupunem că bobina are trepte de reglaj din 2,5 în 2,5 A.

Se caută plotul ce dă maximul tensiunii la bornele bobinei fără defect, datorit numai disimetriilor în rețele. Acest plot este cel mai aproape de acord.

Se ia apoi cel puțin 1 plot peste acest plot deci la 2,5 A diferență și se fixează poziția bobinei.

Bine înțeles cei 2,5 A trebue luați în sensul micșorării reactanței bobinei (spire mai puține).

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ МЕЖДУ ЛИНИЯМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПРОЛОЖЕННЫМИ НА ОБЩИХ ОПОРАХ

Резюме

Представляется способ рассчета значения электростатического потенциала, наведенного в проводах линии электропередачи, работающей на одних и тех же опорах с линией более высокого напряжения. В литературе рассматриваются опасные действия этого напряжения, для линий с изолированной нейтралью и для линий с непосредственно заземленной нейтралью. В настоящей статье предлагается метод быстрого рассчета электростатической индукции между линиями с нейтралями заземленными через гасительные катушки.

Статья содержит пример рассчета и указывает способ избежать того чтобы наведенный потенциал достиг опасных значений.

METODA GRAFICĂ PENTRU CALCULUL STABILITĂȚII STATICE

1731 8Lf 10/53
LEFORDITVA

Ing. S. SĂNDULESCU

După ce se arată scopul urmărit și anume: simplificarea calculelor în scopul obținerii unor rezultate rapide ceeace ore însă luc în dauna preciziei, se indică premizele care stau la baza acestei metode și felul cum se pot obține nomogramele necesare calculelor. In ultima parte se dă un exemplu de calcul

Stabilitatea statică a unui sistem interconectat pune probleme ce se pot rezolva fie prin metode precise, care însă necesită cunoașterea tuturor parametrilor, generatorilor și liniilor de legătură și comportă calcule laborioase, fie prin metode simplificate, în care se neglijează anumiți factori, bineînțeles în dauna preciziei. Aceste din urmă metode, fără a avea pretenția de a conduce la rezultate exacte, sunt în multe cazuri de folos real, în special pentru situațiile în care se caută numai domeniul în care se situează regimul de funcționare al sistemului.

O asemenea metodă de calcul este cea expusă mai jos. Problema stabilității statice se rezolvă prin această metodă grafic, pe baza unor nomograme ce se întocmesc odată pentru totdeauna pentru sistemul considerat. Intocmirea nomogramelor în cauză se face pe baza cunoașterii unor parametri ușor de obținut ai generatorilor și liniilor.

Metoda este foarte comodă de aplicat pentru cazul simplu a două centrale depărtate, legate între ele printr'o linie relativ lungă, consumatorii fiind grupați la una din extremitățile acestei interconexiuni, In tot mersul calculelor se neglijează atât rezistențele ohmice ale generatorilor cât și cele ale liniilor și celorlalte elemente de legătură între centrale (transformatori, etc.).

1. PRINCIPIILE DE CALCUL

După cum se știe, limita de funcționare stabilă a doi generatori sau două centrale legate între ele printr'o reactanță X este dată de unghiul θ de decalaj al forțelor electromotoare al celor două unități. Acest unghi este funcție de reactanța căii de legătură a centralelor (inclusiv reactanțele sincrone ale generatorilor), de mărimea sarcinii și de factorul de putere. Valoarea maximă pe care o poate atinge unghiul θ este de $\frac{\pi}{2}$. In condiții normale de exploatare, după cum se știe, limita admisibilă este cu mult mai mică, în anumite situații (sarcină capacitivă) ajungându-se la un minim accentuat.

Toate calculele făcute mai departe se referă la două centrale (fig. 1), de putere 20 respectiv 95,5 MVA, prima fiind prevăzută cu alternatorii cu poli aparenți, cealaltă cu turboalternatori. In cele ce urmează cele două centrale vor fi numite „centrala 1", respectiv „centrala 2".

Pentru executarea calculelor a fost necesar să se stabilească în afară de reactanțele rețelei, reactanțele longitudinale X_g și transversale X_q de reacțiune a indusului. Pentru aceasta este suficient să se cunoască raportul de scurtcircuit la excitația de mers în gol $m_0 = \frac{I_{sco}}{I_n}$ al generatorului respectiv și reactanța de dispersiune a statorului X_s. In cazul unui scurtcircuit la borne la excitația de mers în gol, forța electromotoare este egală cu tensiunea nominală U_n. Curentul I_{sc} este pur inductiv, iar reacțiunea indusului pur demagnetizantă. Curentul de scurtcircuit în acest caz este :

$$I_{sco} = \frac{U_n}{X_q + X_s}$$

de unde :

$$\frac{I_{sco}}{I_n} = \frac{U_n}{(X_q + X_s)\, I_n}$$

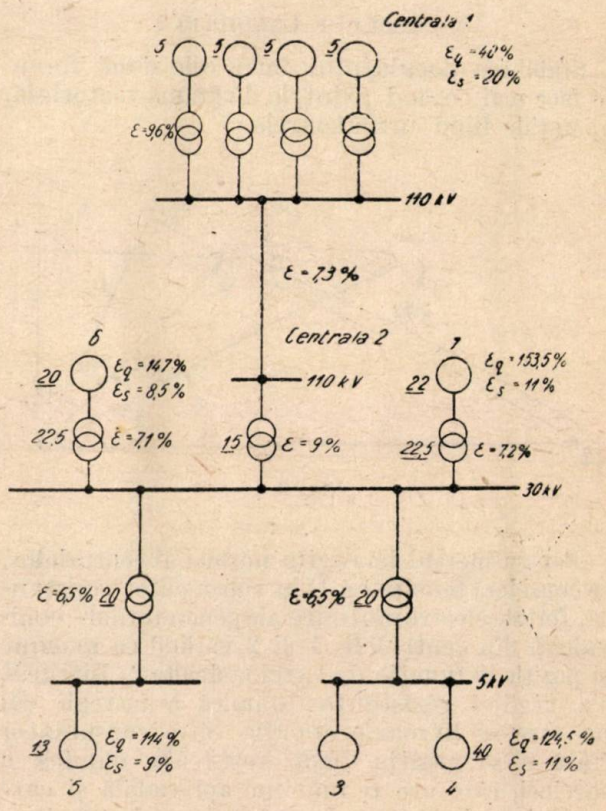


Fig. 1.

sau

$$\frac{X_g I_n}{U_n} + \frac{X_s I_n}{U_n} = \frac{1}{m_0}$$

Introducând tensiunile relative ε se obține :

$$\varepsilon_g + \varepsilon_s = \frac{1}{m_0}$$

de unde :

$$\varepsilon_g = \frac{1}{m_0} - \varepsilon_s$$

Pentru turboalternatori, reactanța transversală este practic egală cu cea longitudinală, deci :

$$\varepsilon_q = \varepsilon_g \qquad (1)$$

La alternatorii cu poli aparenți :

$$\varepsilon_q = 0{,}5\ \varepsilon_g \qquad (2)$$

2. CALCULUL UNGHIULUI θ

Stabilirea decalajului între cele două f.e.m. se face mai comod printr'o diagramă vectorială, operațiile fiind următoarele :

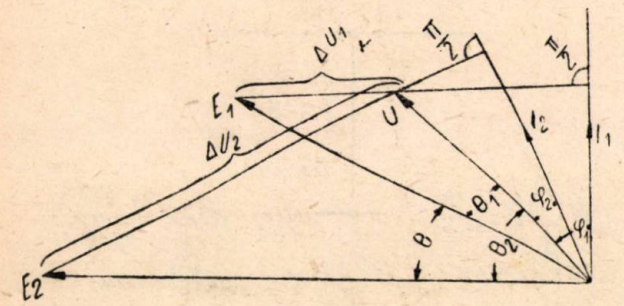


Fig. 2.

Pentru mersul în regim normal al centralelor, se consideră tensiunea U la consumator constantă, forțele electromotoare ale generatorilor echivalenți din centralele 1 și 2 variind ca mărime și poziție în funcție de sarcina debitată. Intrucât s'a neglijat rezistența ohmică a întregii căi pe care se livrează energia către consumator (fără a se neglija însă rezistența ohmică a sarcinei, care are o mărime apreciabilă și care se va introduce în calcule) căderea de tensiune este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea curentului respectiv. Cunoscându-se deci reactanțele, puterile livrate de fiecare centrală și factorul de putere sub care se furnizează puterea, se poate trasa o diagramă de forma celei de mai sus (fig. 2).

Din această diagramă apare imediat unghiul θ de decalaj al celor două f.e.m.

Pentru a se stabili în ce situații unghiul θ devine periculos, este necesar să se facă numeroase tatonări. S'a încercat să se stabilească pe cale analitică valoarea pentru care acest unghi este maxim, scriind relații între tensiunile E_1, E_2 și unghiurile φ_1, φ_2 și θ. In cazul general de funcționare (cel figurat mai sus) s'a ajuns la relații prea complicate, care îngreunează mult problema. S'a reușit însă să se ajungă la o soluție pentru cazul particular al funcționării sub un factor de putere cos $\varphi = 1$, care nu prezintă însă un interes prea mare deși funcționarea în orele de vârf de seară al unui sistem cu sarcină industrială puțin desvoltată se apropie de acest caz. Acest calcul este expus mai jos și a fost dat mai mult pentrucă din el se vor trage unele concluzii care privesc întocmirea diagramelor generale de calcul.

Notații întrebuințate :

P_{n2} = puterea nominală a centralei 2(MVA)
P_{n1} = puterea nominală a centralei 1 (MVA)
P_{f2} = puterea furnizată de centrala 2 (MVA)
P_{f1} = puterea furnizată de centrala 1 (MVA)
ε_2 și ε_1 = reactanțele sincrone pentru centrala 2 respectiv 1
ΔU_2 = căderea de tensiune relativă pentru centrala 2
ΔU_1 = căderea de tensiune relativă pentru centrala 1
θ_2 = decalajul dintre f.e.m. centrala 2 și tensiunea U la utilizare
θ_1 = idem centrala 1
U = tensiunea la utilizare (considerată 100%)
E_2 = f.e.m. a centralei 2
E_1 = f.e.m. a centralei 1

Se pot scrie următoarele relații (fig. 3) :

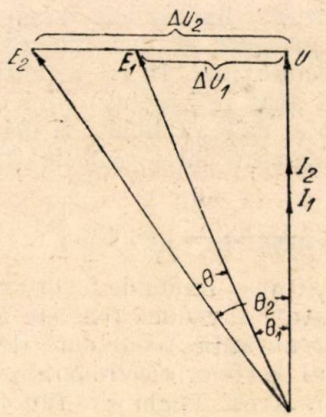


Fig. 3.

$$\Delta U_2 = \frac{P_{f_2}}{P_{n_2}}\varepsilon_2 \qquad (3) \qquad \Delta U_1 = \frac{P_{f_1}}{P_{n_1}}\varepsilon_1 \qquad (3')$$

$$\operatorname{tg}\theta_2 = \Delta U_2 \qquad \operatorname{tg}\theta_1 = \Delta U_1$$

$$\operatorname{tg}\theta_2 - \operatorname{tg}\theta_1 = \Delta U_2 - \Delta U_1 = \frac{P_{f_2}}{P_{n_2}}\varepsilon_2 - \frac{P_{f_1}}{P_{n_1}}\varepsilon_1 \qquad (4)$$

Ținând seama că reactanțele ε_2, ε_1 și puterile P_{n_2} și P_{n_1} sunt constante, se poate nota :

$$\frac{\varepsilon_1}{P_{n_1}} = k_1 \qquad \frac{\varepsilon_2}{P_{n_2}} = k_2$$

și în acest caz relația precedentă devine :

$$\operatorname{tg}\theta_2 - \operatorname{tg}\theta_1 = k_2 P_{f_2} - k_1 P_{f_1} =$$

$$= k_1 \left(P_{f_2} \frac{k_2}{k_1} - P_{f_1} \right) \qquad (5)$$

Intrucât unghiul θ nu poate fi negativ (funcționare ca motor), decalajul minim are loc pentru :

$$\operatorname{tg}\theta_2 - \operatorname{tg}\theta_1 = 0$$

adică :

$$P_{f_2} \frac{k_2}{k_1} - P_{f_1} = 0$$

sau

$$\frac{P_{f_2}}{P_{f_2}} = \frac{k_2}{k_1}$$

Folosind relațiile (1) și (2) și cunoscând valorile reactanțelor de dispersiune a statorului tuturor generatorilor, precum și raportul m_0 de scurtcircuit, s'au calculat reactanțele ε_g și ε_q (tabela 1).

Tabela 1

Reactanțele generatorilor

	ε_s %	m_0	ε_g %	ε_q %
$2_{3,4}$	11	0,6	124,5	124,5
2_5	9	0,66	114	114
2_6	8,5	0,52	147	147
2_7	11	0,493	153,5	153,5
$1_{1,2,3,4}$	20	1	80	40

Pentru simplificare s'a considerat că transformatorii de 5/30 kV din centrala 2 sunt de putere egală cu aceea a generatorului deservit, ceeace nu este exact în cazul transformatorilor de legătură între barele de 5 și 30 kV. Eroarea introdusă este însă mică, reactanța unui transformator fiind de cel mult 5% din reactanța sincronă a generatorului, în așa fel încât chiar o eroare de 50% făcută la aprecierea puterii transformatorului, nu implică decât o eroare de 2,5% ce apare mai departe în calcule.

Felul cum s'a considerat că sunt cuplați generatorii 3, 4, 5, 6 și 7 din uzina 2 se poate vedea în fig. 1, unde s'au notat și reactanțele care intră în joc, precum și puterile nominale ale generatorilor.

Sarcina s'a considerat concentrată pe barele de 30 kV din centrala 2 și apare în calcule sub forma puterii aparente absorbite și a factorului de putere.

3. CALCULUL REACTANȚELOR PROCENTUALE

Centrala 2. In calculele care urmează s'au întrebuințat următoarele notații :

ε_q = reactanța transversală de reacțiune a indusului

ε_s = reactanța de scăpări a statorului

$\varepsilon = \varepsilon_q + \varepsilon_s$ = suma reactanțelor de mai sus.

Indicii 1 și 2 arată centrala 1, respectiv centrala 2, iar cifrele (ca indici) generatorii respectivi.

Reactanța tuturor generatorilor în paralel din centrala 2 s'a calculat după cum se arată mai jos.

Puterea totală a centralei 2 este :

$$P_2 = P_{3+4} + P_5 + P_6 + P_7 = 40{,}5 + 13 + 22 + 20 = 95{,}5 \text{ MVA}$$

La punerea în paralele a reactanțelor generatorilor de diferite puteri. s'a folosit relația :

$$\frac{1}{\varepsilon} = g_1 \frac{1}{\varepsilon_1} + g_2 \frac{1}{\varepsilon_2} + \ldots$$

în care coeficienții g sunt dați de :

$$g_1 = \frac{P_1}{\Sigma P}$$

In cazul centralei 2 avem :

$$g_{3+4} = \frac{40{,}5}{95{,}5} = 0{,}424$$

$$g_5 = \frac{13}{95{,}5} = 0{,}136$$

$$g_6 = \frac{20}{95{,}5} = 0{,}209$$

$$g_7 = \frac{22}{95{,}5} = 0{,}23$$

$$\frac{1}{\varepsilon_2} = 0{,}424 \frac{1}{142} + 0{,}136 \frac{1}{129{,}5} + 0{,}209 \frac{1}{162{,}5} + 0{,}23 \frac{1}{171{,}7} = 0{,}006816$$

$$\varepsilon_2 = 147\%$$

Pentru centrala 1 situația este mai simplă, generatorii fiind identici. Reactanța sincronă a întregului circuit până la barele de 30 kV ale centralei 2 se compune din cea a generatorilor, a transformatorilor de 6/110 kV, a liniei de 110 kV și a transformatorului de 110/30 kV (15 MVA) și are valoarea :

$$\varepsilon_1 = 60 + 9{,}6 + 7{,}3 + 9 = 85{,}9 \simeq 86\%$$

Inlocuind valorile numerice astfel căpătate în relația (6) se obține :

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{147}{86} \cdot \frac{20}{95{,}5} = 0{,}36$$

de unde

$$\frac{P_{f_1}}{P_{f_2}} = 0{,}36$$

Concluzia care se poate trage este că în acest caz ($\cos\varphi = 1$) pentru funcționarea cea mai stabilă trebue ca din puterea cerută, aproximativ un sfert să fie dat de centrala 1, restul de trei sferturi fiind furnizat de centrala 2.

4. INTOCMIREA NOMOGRAMEI

Pentru cazul general, adică atunci când factorul de putere este diferit de 1, s'a întocmit o nomogramă din care rezultă mărimile celor două f.e.m., defazajele acestora față de tensiunea U la utilizare, cât și unghiul θ care determină stabilitatea, cu aproximația dată de faptul că se consideră reactanțele sincrone ale generatorilor constante.

Nomograma se poate stabili în urma observațiilor următoare : căderile de tensiune sunt proporționale cu puterea aparentă deci cu curentul și fiind datorite numai reactanțelor inductive, direcția lor va fi perpendiculară pe curent. La aceeași putere aparentă furnizată de un generator sub un factor de putere variabil, căderea de tensiune este constantă ca mărime și vârful vectorului care o reprezintă se mișcă pe un cerc cu centrul în vârful vectorului U (fig. 4).

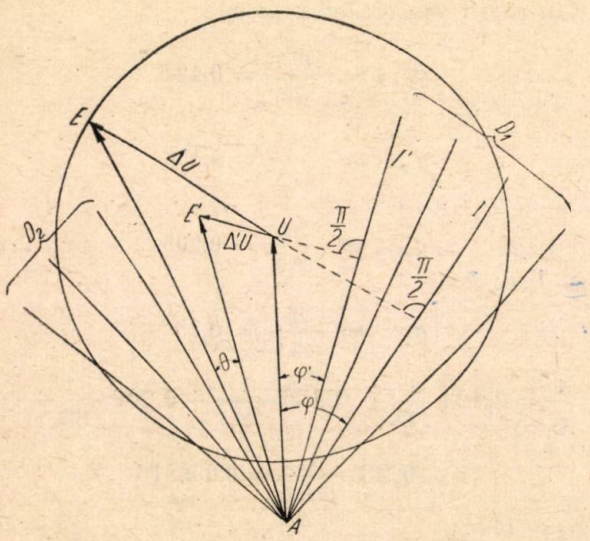


Fig. 4.

Construcția nomogramei s'a făcut astfel : vectorul U care reprezintă tensiunea constantă la utilizare, a fost trasat având o mărime oarecare, care reprezintă 100% din tensiunea nominală. Dreptele D_1 și D_2 reprezintă direcțiile pe care le poate avea curentul, decalat inductiv (dreptele D_1) sau capacitiv (dreptele D_2) cu un unghi oarecare φ. Căderea de tensiune ΔU, după cum s'a arătat mai înainte este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înainte sau în urma curentului și trece prin vârful vectorului U. Vectorul E care închide triunghiul ce are drept laturi cele două tensiuni U și ΔU este chiar f.e.m. a generatorului considerat, având mărimea și direcția cunoscute. Pentru un alt generator care lucrează în paralel cu primul (deci care are impusă condiția ca tensiunea la utilizare să fie egală cu U) și al cărui curent are la rândul său o mărime și direcție diferite de cele ale generatorului precedent, se poate determina în mod similar vectorul E'. Unghiul format de vectorii E și E' este chiar unghiul θ.

Mărimea vectorului ΔU a cărui direcție este cunoscută se stabilește ușor, știind din relațiile precedente că :

$$\Delta U = \frac{P_f}{P_n}\,\varepsilon = k\,P_f$$

ceeace arată că ΔU este proporțional cu puterea furnizată, la plină sarcină procentuală fiind egală cu ε (reactanța sincronă procentuală) ale cărei valori s'au stabilit mai înainte și care se exprimă în % din valoarea tensiunii U. Aceasta înseamnă că pentru centrala 2, căderea de tensiune ΔU la plină sarcină reprezintă 147% din U. Cercul cu centrul în U (fig. 4) și având raza egală cu 1,47 U reprezintă locul geometric al vârfului vectorului E. La o putere furnizată egală cu 50% din puterea nominală a uzinei 2, căderea de tensiune va fi 0,5 × 1,47 U iar cercul cu centrul în U și cu raza având valoarea de mai sus este locul geometric al vârfului vectorului E pentru această sarcină. Același lucru pentru o putere oarecare P_f.

Pentru centrala 1 se pot trasa în același mod o serie de cercuri cu centrul tot în U și având raza maximă egală cu 0,86 U, întrucât reactanța sincronă $\varepsilon_1 = 86\%$.

Modul de întrebuințare al nomogramei este următorul : cunoscându-se puterea aparentă furnizată de fiecare din centralele 1 și 2, precum și factorul de putere sub care este furnizată această putere de fiecare din centrale și care poate fi, inductiv sau capacitiv), se fixează punctele respective, unindu-le cu origina vectorului U (fig. 5).

Dreptele astfel obținute sunt chiar f.e.m. ale celor două centrale în mărime și direcție, iar unghiul pe care-l formează este unghiul θ căutat.

Pentru cazul când nu se poate citi direct factorul de putere, s'a întocmit o altă nomogramă, bazată pe aceleași principii, în care însă nu este necesară cunoașterea lui cos φ (fig. 6).

Din calculele și nomogramele precedente rezultă numai unghiul de decalaj dintre forțele electromotoare ale celor două centrale considerate. Unghiul maxim până la care este posibilă funcționarea stabilă nu este însă o constantă, el fiind în funcție pe de o parte de reactanțele sincrone respective, pe de altă parte de rezistența și reactanța sarcinei.

Valoarea maximă posibilă a unghiului θ este de 90°. Notând cu R_s și cu X_s rezistența, respectiv reactanța sarcinei, iar cu X_1 și X_2 reactanțe le sincrone ale celor două centrale, unghiul β′ care indică limita de stabilitate este dată de relația :

$$\operatorname{tg}\beta' = \frac{\operatorname{tg}\beta}{1 + \frac{E_s}{R_s}\left(\frac{X_s}{R_s} + \operatorname{tg}\beta\right)} \qquad (7)$$

în care

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{X_1\,X_2}{R_s(X_1 + X_2)} \qquad (8)$$

Cunoscând unghiul β' se poate găsi până la ce valoare poate crește θ pentru a funcționa stabil :

$$\theta_{max} = 90 - \beta' \qquad (9)$$

Din relațiile care dau pe β' și β se poate constata că aceste unghiuri depind, pentru o anumită rețea, numai de rezistența și reactanța

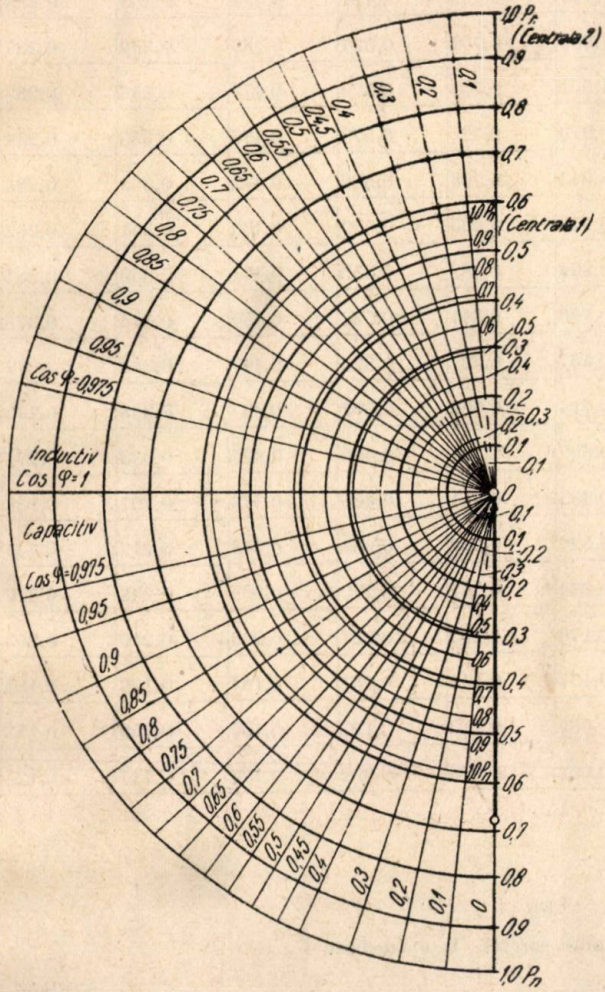


Fig. 5.

sarcinei, întrucât X_1 și X_2 (reactanțele sincrone ale celor două uzine) sunt constante.

In situația considerată se obține :

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{0{,}385 \cdot 1{,}075}{0{,}385 + 1{,}075} \cdot \frac{1}{R_s} = \frac{0{,}283}{R_s}$$

$$\operatorname{tg}\beta' = \frac{\frac{0{,}283}{R_s}}{1 + \frac{X_s}{R_s}\left(\frac{X_s}{R_s} + \frac{0{,}283}{R_s}\right)} = \frac{0{,}283\ R_s}{R_s^2 + X_s^2 + 0{,}283\ X_s}$$

In tabela 2 s'au trecut valorile tangentei unghiului β' pentru diverse valori ale lui R_s și X_s. Limitele între care variază R_s și X_s sunt cele care corespund unei puteri cuprinse între 25 și 250 MVA și un factor de putere (la utilizare) cos $\varphi = -0{,}1 \ldots +0{,}1$

Cu ajutorul tabelei 2 s'au trasat pe diagrama 7 variația unghiului β' în funcție de parametrii sarcinei .In această diagramă sunt trasate cu linie plină curbele $\operatorname{tg}\beta' = f(X_s)$ pentru diferite valori ale lui R_s, iar cu linia subțire curbele $\operatorname{tg}\beta' = f(R_s)$ pentru diferite valori ale lui X_s.

Considerând că puterile maxime care se întâlnesc în sistemul interconectat ales variază între $P = 25 \ldots 120$ MVA și cos $\varphi = 0{,}6 \ldots 1$ (inductiv) s'au calculat valorile rezistențelor și reactanțelor corespunzătoare (la tensiunea $U_n = 5$ kV). Rezultatele obținute au fost trecute în tabela Nr. 3. După cum se vede rezistența variază între 1 Ω și 0,125 Ω, iar reactanța între 0 ... 0,8 Ω.

Cu ajutorul acestor valori s'au trasat curbele R_s, $X_s = f(\cos\varphi)$ din diagrama 8 din care rezultă că la aceeași putere, rezistența crește cu factorul de putere, în timp ce reactanța scade.

Consecința acestui fapt este că la aceași putere aparentă, limita de stabilitate scade pe măsură ce factorul de putere crește, adică pe

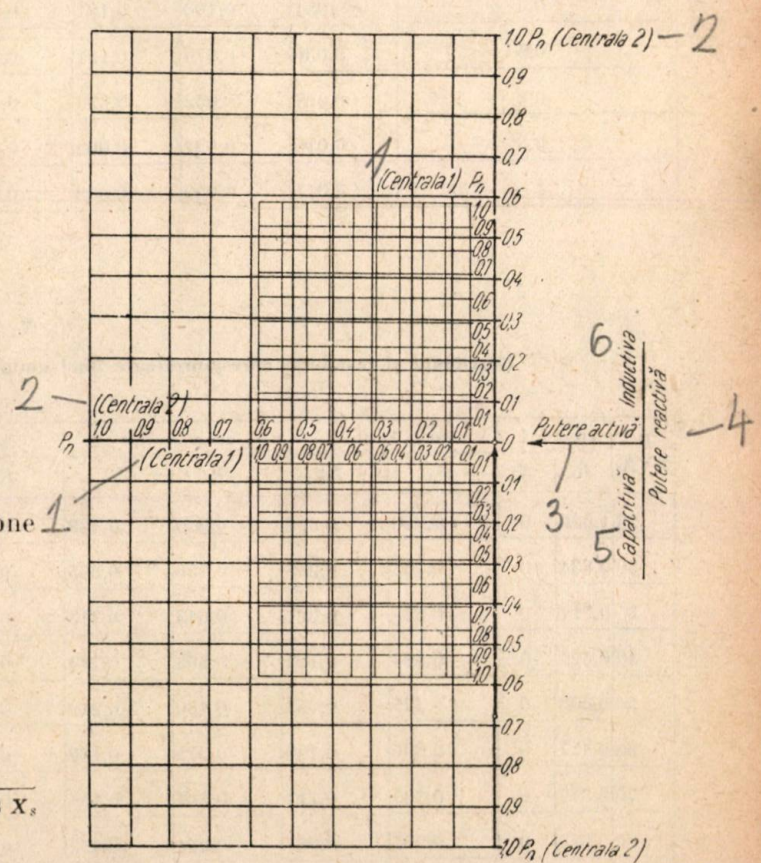


Fig. 6.

măsură ce puterea reactivă scade. Din figura 8 în care sunt trasate curbele $\beta' = f(R_s, X_s)$

Valoarea tangentei unghiului β'

Tabela 2

$X_s\ \Omega$ \ $R_s\ \Omega$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
— 8,5	0,127	0,237	0,379	0,426	0,420	0,394	0,362	0,302	0,255
— 0,2	— 1,02	— 4,290	2,430	1,155	0,790	0,606	0,495	0,362	0,288
— 0,1	— 0,896	— 3,410	2,610	1,185	0,799	0,411	0,498	0,363	0,288
— 0,05	— 1,545	— 17,150	2,000	1,085	0,764	0,594	0,489	0,360	0,287
— 0,02	— 6,36	5,980	1,630	1,001	0,732	0,579	0,479	0,356	0,285
— 0,01	— 61,600	3,900	1,520	0,973	0,72	0,573	0,476	0,355	0,284
— 0	5,640	2,830	1,415	0,944	0,708	0,566	0,472	0,353	0,283
0,01	2,610	2,190	1,320	0,914	0,695	0,559	0,469	0,351	0,282
0,02	1,653	1,760	1,230	0,879	0,682	0,553	0,464	0,350	0,281
0,05	0,739	1,060	1,000	0,796	0,641	0,532	0,450	0,344	0,278
0,06	0,613	0,925	0,932	0,767	0,627	0,523	0,447	0,342	0,277
0,08	0,450	0,726	0,821	0,714	0,600	0,507	0,437	0,338	0,275
0,1	0,347	0,586	0,723	0,662	0,571	0,490	0,427	0,333	0,272
0,2	0,143	0,266	0,414	0,455	0,441	0,408	0,373	0,307	0,258
0,3	0,078	0,153	0,263	0,320	0,338	0,333	0,318	0,277	0,241
0,4	0,051	0,100	0,181	0,234	0,261	0,270	0,269	0,248	0,222
0,5	0,036	0,070	0,131	0,176	0,205	0,221	0,226	0,219	0,203
0,6	0,027	0,052	0,099	0,137	0,164	0,181	0,191	0,193	0,185
0,8	0,016	0,032	0,062	0,089	0,110	0,127	0,139	0,150	0,152
1	0,011	0,022	0,043	0,062	0,078	0,092	0,103	0,117	0,124

$R_s,\ X_s = f\,(p)$

Rezistența și reactanța corespunzătoare unei anumite sarcini, la o tensiune $U_n = 5$ kV

Tabela 3

P MVA	cosφ = 1		cosφ = 0,95		cosφ = 0,9		cosφ = 0,8		cosφ = 0,7		cosφ = 0,6	
	R_s	X_s	R_s	X_s	R_s	X_s	R_s	X_s	R_s	X_s	R_s	X_s
25	1,000	0	0,950	0,310	0,900	0,438	0,800	0,600	0,700	0,713	0,600	0,800
30	0,834	0	0,792	0,258	0,750	0,365	0,667	0,500	0,583	0,594	0,500	0,667
35	0,714	0	0,679	0,221	0,643	0,313	0,571	0,428	0,500	0,509	0,429	0,571
40	0,625	0	0,594	0,194	0,563	0,274	0,500	0,375	0,437	0,446	0,375	0,500
50	0,500	0	0,475	0,155	0,450	0,219	0,400	0,310	0,350	0,357	0,300	0,400
60	0,417	0	0,396	0,129	0,375	0,182	0,333	0,250	0,292	0,297	0,250	0,333
70	0,357	0	0,339	0,111	0,321	0,156	0,286	0,214	0,250	0,254	0,214	0,286
80	0,313	0	0,297	0,097	0,281	0,137	0,250	0,187	0,219	0,223	0,187	0,250
90	0,278	0	0,264	0,086	0,250	0,122	0,222	0,167	0,194	0,198	0,167	0,222
100	0,250	0	0,238	0,077	0,225	0,110	0,200	0,150	0,175	0,175	0,150	0,200
120	0,208	0	0,198	0,065	0,188	0,091	0,167	0,125	0,146	0,149	0,125	0,167

$\beta' = f(P, \cos\varphi)$

Variația unghiului β' în funcție de sarcină și de factorul de putere

Tabela 4

P MVA	$\cos\varphi = 1$	$\cos\varphi = 0{,}95$	$\cos\varphi = 0{,}9$	$\cos\varphi = 0{,}8$	$\cos\varphi = 0{,}7$	$\cos\varphi = 0{,}6$
25	16°	14°	13°	11°	9°30′	8°
30	20°	16°	15°	12°30′	11°	9°
35	23°	18°30′	16°	14°30′	12°30′	10°30′
40	25°	20°30′	18°	16°	13°30′	11°30′
50	29°30′	23°30′	22°	18°	15°30′	13°
60	34°30′	28°	24°	20°30′	17°	14°
70	40°	32°30′	27°	22°30′	21°	19°
80	44°30′	34°	30°	23°30′	22°	20°
90	49°30′	37°30′	34°30′	26°30′	22°30′	21°
100	52°	39°	35°30′	30°30′	25°	22°
120	55°	43°	38°30′	33°	29°	23°

apare și mai evident acest lucru. Aceste curbe au fost prelungite și pentru zona negativă a lui X_s, adică pentru funcționare capacitivă, pentru a se demonstra că stabilitatea minimă are loc pentru cos φ capacitiv și, ceeace este interesant, pentru o valoare constantă a reactanței, indiferent de puterea cerută :

$$X_s = -\frac{0{,}283}{2} \text{ ohmi}$$

Pentru această valoare a reactanței capacitive a sarcinei, unghiul decalajului maxim admisibil pentru mersul stabil prezintă un minim accentuat, în special pentru puteri mari de ordinul a 120 MVA.

La acelaș rezultat se poate ajunge și pe cale analitică, scriind ecuația :

$$\beta' = f(R_s, X_s)$$

și anulând derivatele parțiale

$$\frac{\partial \beta'}{\partial R_s} \text{ și } \frac{\partial \beta'}{\partial X_s}$$

5. EXEMPLE DE CALCUL

Pentru a se ilustra felul cum decurg operațiile unui calcul odată ce s'au trasat nomogramele, dăm mai jos două exemple, unul pentru cazul funcționării la vârful de seară, în care predomină luminatul (deci puterea activă), celălalt pentru funcționarea în golul de noapte.

1. Funcționarea la Vârful de seară

$P_w = 90$ MW
$P_{dw} = 45$ MVAr
$P = 100{,}5$ MVA
$\cos\varphi = 0{,}9$
$R_s = 0{,}23\ \Omega$
$X_s = 0{,}11\ \Omega$

Repartiția pe centrale :

Centrala 1 : 3 MW 9 MVAr 9,5 MVA
$\cos\varphi = 0{,}316$

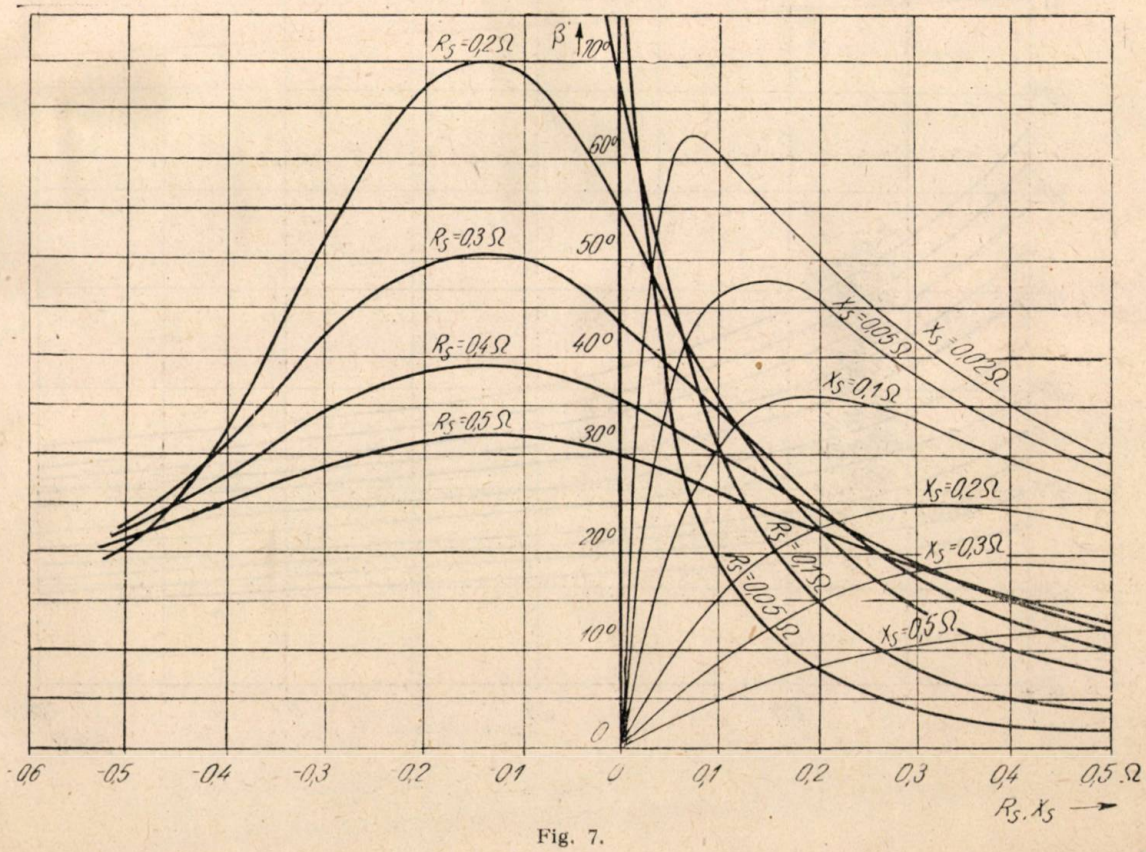


Fig. 7.

Centrala 2 : 65 MW 25 MVAr 69,5 MVA

$\cos \varphi = 0{,}935$

$\beta' = 36^0$

$\theta_{max} = 90 - 36 = 54^0$

$\theta = 31^0$

2. **Funcționarea în golul de noapte**

$P_w = 25$ MW

$P_{dw} = 23$ MVAr

$P = 34$ MVA

$\cos \varphi = 0{,}74$

$R_s = 0{,}54$ Ω

$X_s = 0{,}48$ Ω

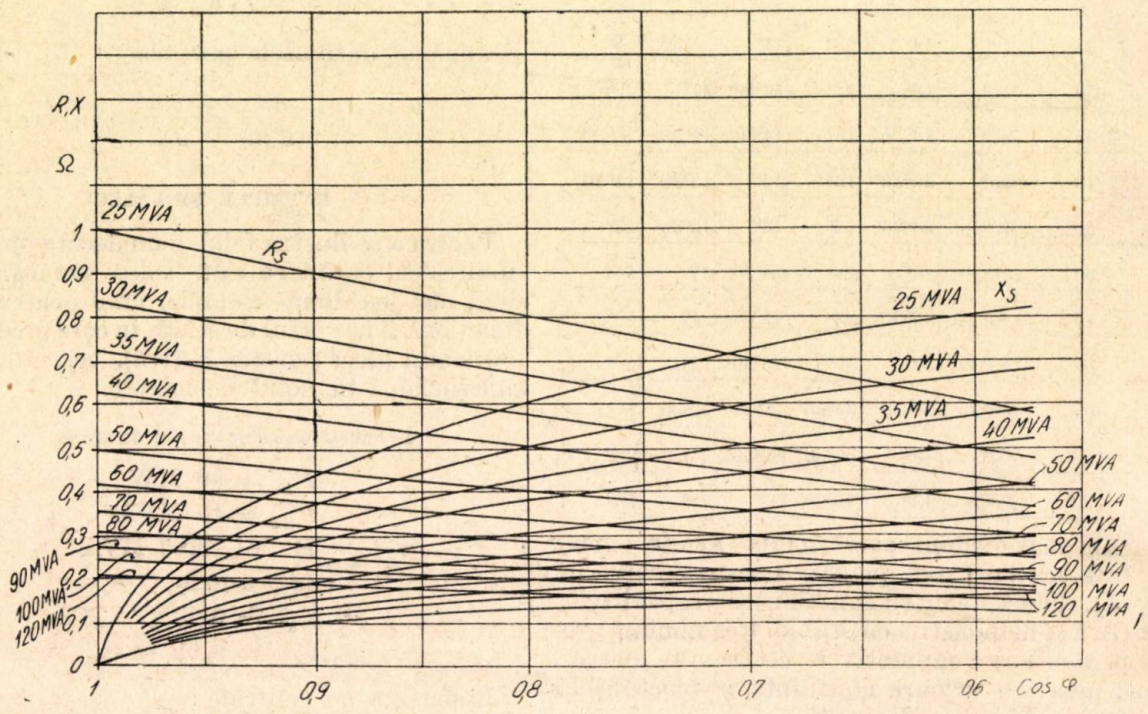


Fig. 8.

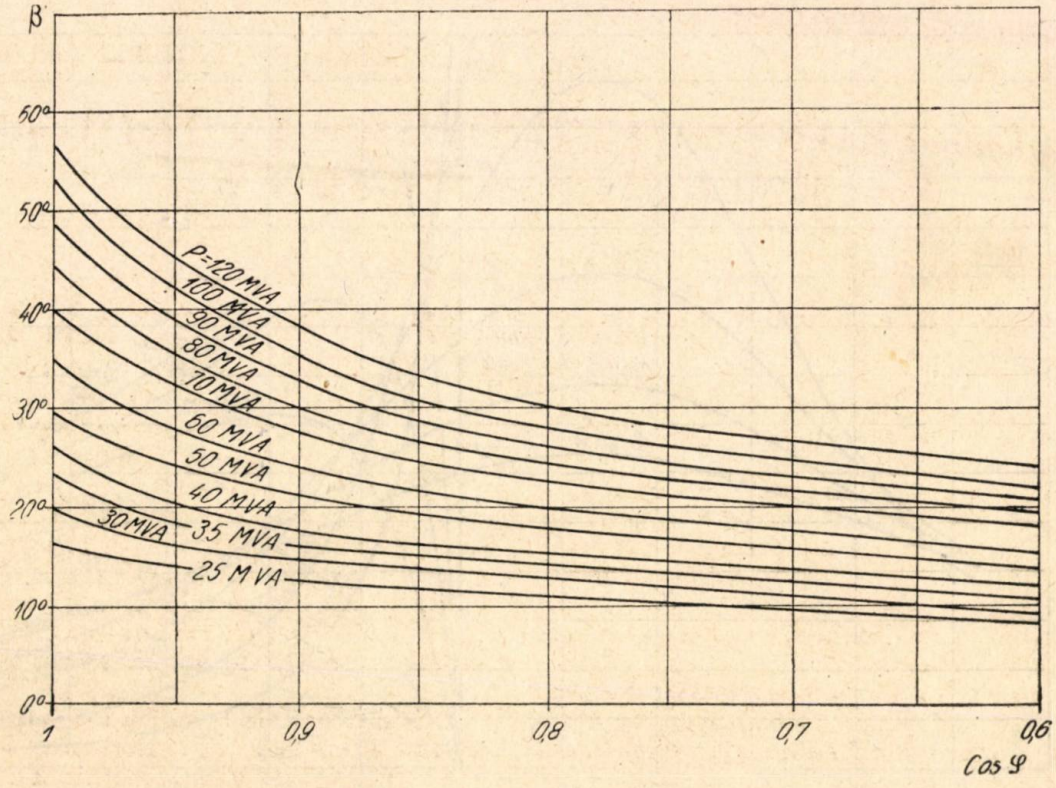


Fig. 9.

Repartiţia pe centrale :

Centrala 1 : 0 MW 6 MVAr 6 MVA
$\cos \varphi = 0$

Centrala 2 25 MW 17 MVAr 30 MVA
$\cos \varphi = 0{,}83$

$\beta' = 15^0$

$\theta_{max} = 90 - 15 = 75^0$

$\theta = 17^0$.

*

In cele de mai sus s'a arătat că făcând simplificările obişnuite calculelor de stabilitate statică a două centrale legate printr'o linie de transport, operaţiile se pot simplifica şi concretiza în mod intuitiv printr'o reprezentare nomografică a relaţiilor între parametrii problemei.

Nomograma se întocmeşte odată pentru un sistem dat, iar rezultatele se citesc uşor, putându-se deduce curbe care caracterizează comportarea din punctul de vedere al stabilităţii statice în întregul domeniu de variaţie a parametrilor liberi : puterile active şi reactive ale generatorilor şi ai sarcinei.

Metoda este pasibilă de o tratare mai generală şi de o extindere la mai multe centrale. Pentru două centrale, ea permite deducerea rezultatelor în mod expeditiv, după cum se ilustrează şi în exemplele de calcul şi în figurile prezentate.

Bibliografie

1. *Lebedev, S. A.* şi *Jdanov P. S.*, Stabilitatea sistemelor electrice, Gosenergoizdat, 1940.
2. Calculul stabilităţii statice a sistemelor electrice, MEE—OPED, Bucureşti, 1951.
3. *Melnicov, N. A.*, Calculul regimurilor de funcţionare a reţelelor sistemelor electrice, OPED—MEE, 1951.
4. *Glazunov, A. A.*, Reţelele sistemelor electrice, GEI, 1948.
5. *Mihnevici, G. V.* şi *Goruskin V. I.*, Despre stabilitatea unui generator sincron în cazul reglării excitaţiei după curentul statorului, „Isvestia Academii Nauc SSSR" (Buletinul Ac. de Ştiinţe a U.R.S.S.), Nr. 12, Dec. 1951.
6. *Marcovici, I. M.* şi *Savalov, S. A.* Electricestvo Nr. 3, 1945.
7. *Marcovici, I. M.*, Electriceskie Stanţii, 1934 şi 1944.

★

ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАССЧЕТА СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Резюме

Указывается упрощённыи метод рассчета статической устойчивости кольцованной системы, уточняя что этим способом можно быстро решать вопросы устойчивости, которые ие нуждаются в слишком большой точности и которые должны решаться за короткий срок. Метод может быть с успехом применен в случае диспетчеризации для быстрого определения статической устойчивости данной системы для различного расспределения активных и реактивных мощностей.

Вопрос статической устойчивости решен графичееки, на основании номограм, которые составляются раз и навсегда для данной системы.

Дается пример рассчета статической устойчивости системы состоящей из двух станций, соединенных посредством линии.

PROBLEME TEHNICO - ECONOMICE

INDICII TEHNICO-ECONOMICI IN INDUSTRIA ENERGIEI ELECTRICE

Ing. L MARCOVICI

In prezentul articol, se expune rolul şi importanţa indicilor tehnico-economici în industria energiei electrice. Se trec în revistă principalii indici extensivi şi intensivi, contribuţia acestora pentru realizarea sarcinilor de plan, precum şi realizările obţinute în U. R. S. S. şi în R. P. R.

Intr'un regim de economie planificată — o caracteristică esenţială a sistemului socialist — indicii tehnico-economici joacă un important rol.

Printr'o justă planificare şi urmărire a acestora, se asigură o mai bună folosire a utilajului de producţie, o creştere a producţiei şi a productivităţii muncii şi deci o reducere a preţului de cost.

In general indicii tehnico-economici au următoarele 3 funcţiuni :

— în primul rând ei sunt un element de calcul în planificare, servind ca o motivare (o justificare tehnică) a planurilor de producţie şi de aprovizionare.

— în al doilea rând — daţi ca sarcini directe de plan — sunt un puternic element mobilizator pentru îndeplinirea şi depăşirea planului de producţie, pentru reducerea consumurilor specifice şi a preţului de cost şi pentru sporirea productivităţii muncii.

Sarcina directă a indicilor tehnico-economici, în special a celor de folosire a utilajului, contribue la descoperirea şi punerea în valoare a rezervelor neutilizate ale capacităţilor de producţie.

— In al treilea rând, indicii tehnico-economici au un rol statistic, ei sintetizează şi reflectă modul de utilizare a mijloacelor fixe, fiind un

fel de „termometru", de „ochi magic" care redă cele mai mici variații în folosirea utilajului. Orice modificare a procesului de producție, orice îmbunătățire tehnică sau organizatorică se oglindește în valoarea acestor indici.

Indicii tehnico-economici sunt o parte componentă a Planului de Stat al economiei naționale, alcătuind un capitol aparte al planului tehnic. Aceștia se aprobă de Consiliul de Miniștri și în consecință devin directive cu caracter obligatoriu.

Indicii tehnico-economici se împart în următoarele grupe :

1) indici de înzestrare tehnică a producției ;

2) indici de folosire a utilajului ;

3) indici de consum de materii prime, materiale, combustibil și energie electrică ;

4) indici de muncă cheltuită (în ore) pentru fabricarea principalelor produse ;

— *Indicii înzestrării tehnice* a producției caracterizează :

a) nivelul electrificării, mecanizării și automatizării proceselor de producție ;

b) greutatea specifică a celor mai perfecționate feluri de mașini, agregate și instalații.

— *Indicii de folosire a utilajului* și a capacităților de producție caracterizează eficacitatea și gradul de folosire a mașinilor, agregatelor și instalațiilor. Aceștia sunt de 3 feluri : intensivi, extensivi și integrali.

Indicii *intensivi* de folosire a utilajului sunt definiți prin producția obținută pe unitatea caracteristică de utilaj în unitatea de timp. Ei caracterizează productivitatea unei mașini sau a unei instalații.

Indicii *extensivi* de folosire a utilajului arată timpul de folosire a acestuia. Ei pot fi exprimați fie în valoarea absolută — numărul de zile sau ore de funcționare — fie în valoarea relativă — raportul dintre timpul efectiv de lucru și timpul calendaristic.

Indicii *integrali* reprezintă produsul între indicii intensivi și cei extensivi. Ei caracterizează folosirea capacității de producție a utilajului.

— *Indicii de consum* sau consumurile specifice, exprimă cantitatea de materii prime, materiale, combustibil sau energie electrică consumată pentru obținerea unității de produs. Acești indici stau la baza alcătuirii planurilor de aprovizionare.

*

Spre deosebire de celelalte ramuri ale economiei naționale, industria energiei electrice are anumite caracteristici speciale, legate de faptul că producția de energie electrică nu se poate stoca și este în funcție de cererile consumatorilor, pe care uzinele electrice trebue să le satisfacă în orice moment. Din această cauză și indicii tehnico-economici vor prezenta anumite particularități.

In industria energiei electrice se folosesc în special indicii de utilizare și de consum ; în afară de aceste două categorii se întrebuințează și o serie de *indici complimentari*, adică indici care nu se încadrează în niciuna din categoriile de mai sus (ca de ex. : raportul dintre puterea disponibilă și puterea instalată).

Inainte de a trece la examinarea indicilor tehnico-economici, este necesar a reaminti anumite noțiuni ce intervin în exprimarea acestora, noțiuni ce au fost definite prin STAS Nr. 2551/51 standard ce a sistematizat și precizat terminologia întrebuințată la exprimarea indicilor.

Puterea instalată a unui motor primar este puterea nominală la arborele motorului pentru care a fost construit și care se găsește înscrisă pe plăcuța indicatoare ; puterea instalată a unui generator electric este puterea nominală la bornele generatorului pentru care a fost construit și care se găsește înscrisă pe plăcuța indicatoare ; puterea instalată a unui grup electrogen este puterea instalată a generatorului electric ; puterea instalată a unei centrale electrice este suma puterilor instalate ale grupurilor electrogene din centrală.

Puterea disponibilă a unei centrale electrice este cea mai mare putere la bornele generatorilor pe care o poate desvolta o centrală în regim de funcționare continuă, de durată, folosind toate grupurile electrogene, instalațiile, agregatele și anexele instalate, fără ca încălzirea să depășească valorile normale, fără uzură anormală și cu respectarea condițiilor de siguranță mecanice și electrice.

Valoarea puterii disponibile a unei centrale poate fi egală cu valoarea puterii instalate ; ea se micșorează atunci când o parte din instalațiile centralei au suferit o uzură, sunt defecte, se află în reparație sau atunci când unele părți din instalație sunt insuficiente (strangulări). Prin repararea instalațiilor uzate sau defecte, prin lichidarea strangulărilor, prin complectarea instalațiilor anexe, valoarea puterii disponibile a centralei poate să crească până la valoarea puterii instalate. Puterea disponibilă a unei centrale putând varia în timp, valoarea acestei puteri se indică însoțită de data sau perioada de timp la care se referă.

Puterea utilizabilă a unei centrale este diferența dintre puterea disponibilă și puterea în revizie.

Puterea la vârf a unei centrale electrice este cea mai mare putere momentană produsă la bornele generatorilor în cursul zilei respective la vârful de încărcare.

Puterea la vârful maxim a unei centrale electrice este cea mai mare putere momentană produsă la bornele generatorilor în anul respectiv.

Puterea medie anuală a unei centrale electrice este raportul dintre energia produsă în cursul anului respectiv, în kWh și numărul de ore anual (8760).

Raportul dintre aceste mărimi este următorul (fig. 1):

$$P_{inst} \geqslant P_{disp} \geqslant P_{util} \geqslant P_{v.max.} \geqslant P_{med.}$$

In loc de a se construi curba de încărcare a unei centrale electrice, adică diagrama varia-

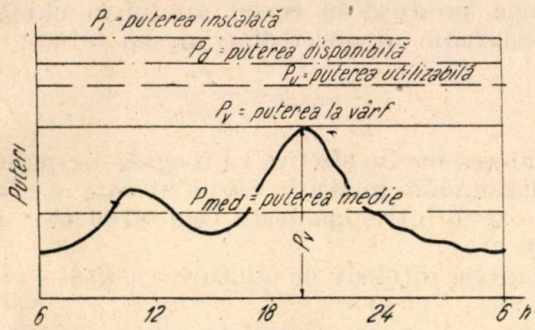


Fig. 1.

ției puterilor în funcție de timp, (fig. 1) se obișnuește uneori a se construi așa numita *„curba clasată a puterilor"*, adică diagrama variației puterilor în funcție de numărul orelor de utilizare a puterii respective. (fig. 2).

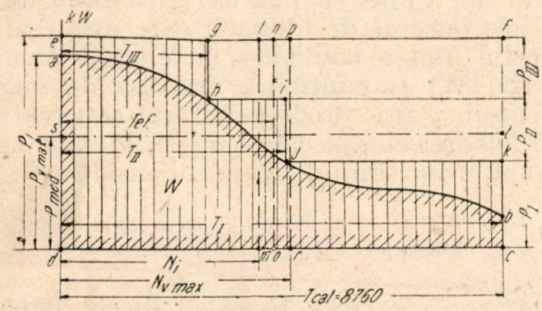


Fig. 2.

Această curbă se construește pentru un an întreg, din curbele de sarcină zilnice.

Din curba clasată a puterilor se poate citi puterea la vârful maxim precum și numărul anual de ore cu care centrala a mers cu o anumită putere în cursul unui an.

Aceasta trebue înțeles nu în sensul că centrala ar fi funcționat în realitate acel număr de ore în șir, ci că acest număr de ore rezultă din însumarea orelor în care centrala a funcționat cu aceiași putere în diferite perioade.

Pe aceași diagramă se pot trasa și curbele clasate ale *puterilor în funcțiune*, adică a sumei puterilor disponibile ale grupurilor electrogene pe care centrala le are în funcțiune la un moment dat, pentru acoperirea puterii cerute.

Se poate astfel vedea numărul anual de ore în care au funcționat diferitele grupuri ale centralei în cursul perioadei respective. In figura de mai sus se arată o asemenea curbă în ipoteza că centrala dispune de 3 grupuri electrogene, de puteri

P_I, P_{II} și P_{III}, adică $P_I + P_{II} + P_{III} = P_i$.

Cunoscând aceste noțiuni putem trece la examinarea diferiților indici ce caracterizează utilizarea unei centrale electrice.

1. INDICII DE UTILIZARE

a) Folosirea în timp (extensivă) a unui motor sau a unui grup electrogen este exprimată fie prin numărul de ore efective de funcționare, fie prin raportul între timpul efectiv de lucru și timpul calendaristic din o anumită perioadă (lună, trimestru, an). De exemplu, dacă motorul a funcționat într'un an 3000 ore, indicele extensiv de folosire va fi exprimat fie prin cifra 3000, fie prin raportul între 3000 și timpul calendaristic (8760 ore):

$$I_{ext.} = \frac{T_{ef}}{T_{cal}} = \frac{3000}{8760} = 0{,}34 \text{ sau } 34\%$$

La calcularea acestui indice pentru mai multe motoare sau grupuri electrogene, deci pentru o centrală electrică, durata timpului efectiv se stabilește ca fiind timpul în care ar fi trebuit să lucreze centrala cu întreaga putere instalată pentru a produce energie egală cu ceeace ar fi debitat grupurile ei, lucrând fiecare cu întreaga lor putere instalată și numărul de ore în care au funcționat efectiv.

Dacă notăm cu T_{ef} = timpul efectiv de lucru al centralei electrice
P_i = puterea instalată a centralei
P_{ik} = puterea instalată a grupului K
T_k = timpul efectiv lucrat de grupul K

după definiția de mai sus, vom avea:

$$T_{ef} P_i = \Sigma P_{ik} T_k \text{ sau}$$

$$T_{ef} = \frac{\Sigma P_{ik} T_k}{P_i} \text{ dar } P_i = \Sigma P_{ik}$$

rezultă deci $T_{ef} = \dfrac{\Sigma P_{ik} T_k}{\Sigma P_{ik}}$

In acest fel indicele de utilizare extensivă a unei centrale efective este:

$$I_{ext} = \frac{T_{ef}}{T_{cal}} = \frac{\dfrac{\Sigma P_{ik} T_k}{\Sigma P_{ik}}}{T_{cal}} = \frac{\Sigma P_{ik} T_k}{T_{cal} \Sigma P_{ik}} = \frac{\Sigma P_{ik} T_k}{T_{cal} P_i}$$

Rezultă deci că indicele de utilizare extensivă a unei centrale electrice este egal cu raportul dintre energia ce s'ar fi produs dacă grupurile ar fi lucrat cu puterea lor instalată tot timpul cât au fost în funcțiune și capacitatea totală teoretică a centralei ($T_{cal}\ P_i$).

In unele cazuri timpul efectiv lucrat poate fi raportat la timpul planificat a se lucra:

$$I_{ext} = \frac{T_{ef}}{T_{plan}}$$

însă în acest caz există neajunsul că indicii

rezultați nu pot fi comparați pentru întreprinderi deosebite.

Caracterizarea perioadei totale de *inactivitate* ne-o dă indicele perioadei totale de inactivitate, care poate fi exprimat prin formula :

$$I_{inact} = \frac{T_{cal} - T_{ef}}{T_{cal}}$$

Acest indice oglindește influența tuturor cauzelor perioadelor de inactivitate a utilajului. In scopul reducerii acestor perioade de inactivitate, trebue stabilită importanța fiecărei cauze, lucru care se face cu ajutorul analizei structurii perioadei de inactivitate. Ca un minim, această analiză trebue să cuprindă următoarele cauze de inactivitate ale utilajului : 1) rezerve ; 2) reparații curente ; 3) reparații planificate ; 4) reparații capitale ; 5) avarii ; 6) inactivitatea atelierelor, a mașinilor ; 7) lipsă de combustibil.

Se vede clar că suma indicelui extensiv și acelui a perioadei totale de inactivitate trebue să fie egală cu unitatea.

b) Folosirea intensivă a unui motor sau a unei centrale electrice este dată de raportul între puterea medie efectivă din perioada raportată și puterea instalată (medie) din decursul acelei perioade.

$$I_{int} = \frac{P_{med \cdot ef \cdot}}{P_i}$$

Puterea medie efectivă a unui motor pe o perioadă determinată se obține ca o medie aritmetică a tuturor puterilor care au avut loc în acea perioadă de timp, ponderată în raport cu timpul lucrat cu acea putere.

$$P_{med\ ef \cdot} = \frac{\Sigma P_k T_k}{\Sigma T_k}$$

Insă $\Sigma P_k T_k$ este tocmai energia produsă de acel motor (W) iar ΣT_k este numărul total de ore lucrate de motor (T_{ef}). Vom avea deci :

$$P_{med \cdot ef \cdot} = \frac{W}{T_{ef \cdot}}$$

Puterea medie efectivă a unui grup de motoare sau a unei centrale electrice va fi egală cu energia produsă de acea centrală împărțită cu durata de lucru a centralei, durata calculată dela intrarea în funcțiune a primului motor până la oprirea ultimului motor.

Dacă, de exemplu, o centrală electrică cu 2 motoare, de 1000 și 3000 kW, a mers în 24 ore în felul următor :

6 ore a mers numai motorul de 1000 kW, cu o putere medie de 800 kW

10 ore au mers ambele motoare, cu o putere medie totală de 3000 kW.

4 ore a mers numai motorul de 3000 kW, cu o putere medie de 2500 kW, puterea medie a acelei centrale a fost :

$$P_{med \cdot ef \cdot} = \frac{(800 \times 6) + (3000 \times 10) + (2500 \times 4)}{6 + 10 + 4} = \frac{44.800}{20} = 2240 \text{ kW}$$

O variantă a puterii medii efective este puterea medie anuală. Aceasta se obține împărțind energia produsă în cursul anului la numărul calendaristic al orelor dintr'un an (8760).

$$P_{med \cdot an} = \frac{W}{8760}$$

Puterea medie efectivă va fi egală cu puterea medie anuală numai în cazul în care centrala a lucrat în întregime toate cele 8760 ore dintr'un an.

Indicele intensiv de utilizare va fi deci :

$$I_{int} = \frac{P_{med \cdot ef \cdot}}{P_i} = \frac{W}{T_e P_i}$$

adică indicele intensiv al unui motor este egal cu raportul dintre energia produsă de acel motor și energia ce ar fi fost produsă de acel motor dacă în tot timpul efectiv lucrat ar fi mers cu puterea sa instalată.

c) Caracterizarea folosirii complecte a unui motor sau a unei centrale electrice este dată de indicele *integral* de utilizare, care este egal cu raportul dintre cantitatea de energie produsă efectiv (W) și cantitatea maximă de energie pe care o poate produce motorul sau centrala prin folosirea complectă a puterii, lucrând neîntrerupt în tot timpul perioadei considerate.

$$I_{integr.} = \frac{W}{W_{max}} = \frac{P_{med \cdot ef \cdot} \times T_{ef}}{P_i \times T_{cal}}$$

Dar $\frac{P_{med \cdot ef \cdot}}{P_i}$ este tocmai indicele intensiv de utilizare, iar $\frac{T_{ef}}{T_{cal}}$ este indicele extensiv de utilizare. Rezultă deci :

$$I_{integr.} = I_{int.} \times I_{ext.}$$

In practică se utilizează însă un alt indice și anume „numărul orelor de utilizare a puterii instalate (n_i) a unei centrale electrice", care reprezintă numărul de ore care ar fi trebuit să meargă centrala cu întreaga sa putere instalată pentru a produce aceiași cantitate de energie.

$$n_i = \frac{W}{P_i}$$

Dar $W = P_{med} \times T_{ef}$, deci

$$n_i = \frac{P_{med}}{P_i} \times T_{ef} = I_{int.} \times T_{ef}$$

Dacă împărțim această relație cu T_{cal} (o constantă) vom avea :

$$\frac{n_i}{T_{cal}} = I_{int} \times \frac{T_{ef}}{T_{cal}} = I_{int} \times I_{ext} = I_{integr.}$$

Vedem deci că deși aparent numărul orelor de utilizare a puterii instalate ar fi un indice

extensiv — așa după cum îl arată numele — totuși el este de natura indicilor integrali.

Dacă în cursul unui an puterea instalată variază prin intrări în funcțiune de noi utilaje și ieșiri din funcțiune din cauza uzurii a unor utilaje, în calculul orelor de utilizare a puterii instalate trebue să se țină seama de puterea *medie* instalată.

$$n_i = \frac{W}{P_{med.inst.}}$$

Dacă, de exemplu, P_i la 1 Ianuarie a fost de 120.000 kW, iar la 15 Febr. a intrat în funcțiune 30.000 kW și la 1 Iulie 20.000 kW., puterea medie instalată va fi :

$$P_{med.inst.} = \frac{(120.000 \times 365) + (30.000 \times 320) + (20.000 \times 180)}{365} =$$

$$= 156.000 \text{ kW.}$$

Numărul orelor de utilizare a puterii instalate a unei centrale electrice este unul din cei mai importanți indici din industria energiei electrice. Criteriul principal pentru aprecierea gradului de utilizare a unei centrale electrice este durata de utilizare a puterii instalate. Cu cât energia produsă de o centrală este mai mare — la o anumită putere instalată — cu atât mai bine și mai complect au fost utilizate instalațiile respective. Cu ajutorul orelor de utilizare se calculează producția de energie electrică. In adevăr, stabilindu-se numărul orelor de utilizare și cunoscând puterea instalată, rezultă cantitatea de energie ce va fi produsă.

Dacă de exemplu $n_i = 3000$ ore iar $P_i = 50.000$ kW, vom avea :

$$W = n_i \times P_i = 3000 \times 50.000 = 150.000.000 \text{ kWh.}$$

Numărul orelor de utilizare a puterii instalate variază destul de mult dela o centrală la alta, depinzând de alura curbei de sarcină și de caracterul centralei (de bază, de vârf, de rezervă).

Ca indicație, se dau următoarele cifre pentru orele de utilizare, în funcție de diferiți consumatori :

Ind. electro-chimică	7000—7500 ore/an
Industria	2500—3000 ore/an
Aparate casnice și iluminat	1000—1500 ore/an
Iluminat	300—700 ore/an

Mărirea producției de energie electrică se asigură în primul rând prin sporirea orelor de utilizare a puterii instalate și numai în urmă prin instalarea de puteri noi.

In Uniunea Sovietică o serie de uzini electrice de avantgardă au funcționat în ultimii ani cu peste 7000 ore de utilizare.

La noi în țară, începând cu anul 1948, numărul orelor de utilizare a puterii instalate a centralelor electrice a sporit încontinuu.

In deosebi, este interesant a se vedea numărul orelor de utilizare a puterii maxime, adică raportul între energia totală produsă, în kWh, și puterea la vârful maxim atinsă de acea uzină în cursul unui an.

$$n_{v.max} = \frac{W}{P_{v.max}}$$

Dacă numărul orelor de utilizare a puterii instalate caracterizează utilizarea puterii instalate a centralei, numărul orelor de utilizare a puterii maxime caracterizează felul curbei de sarcină a rețelei.

Dacă, printr'o bună organizare consumatorii nu vor cere puteri prea mari în timpul orelor de vârf, atunci vârful maxim scade, durata de utilizare a puterii maxime va crește și exploatarea va fi mai avantajoasă. Pe de altă parte, cu aceeași putere disponibilă se va putea produce mai multă energie, deci să se satisfacă mai mulți consumatori.

Principalele mijloace pentru a se realiza o cât mai bună utilizare a instalațiilor centralelor de bază sunt legate de :

— aplatizarea curbei de sarcină ;

— programarea judicioasă și precisă a funcționării unităților de producție, a reviziilor și reparațiilor ;

— interconexiunea cu centralele de vârf.

2. INDICI COMPLIMENTARI

In industria energiei electrice se folosesc deasemenea o serie de indici tehnico-economici care nu sunt nici indici de utilizare și nici de consum ; aceștia au fost denumiți indici „complimentari". Din această categorie fac parte „raportul dintre puterea disponibilă și puterea instalată", „raportul dintre puterea medie și puterea la vârf medie", etc.

a) *Raportul dintre puterea disponibilă și puterea instalată* caracterizează gradul de uzură al instalațiilor, strangulările, defectele și reparațiile.

Având în vedere că puterea disponibilă și puterea instalată pot varia în timp, este necesar a se preciza data la care se referă. Instrucțiunile C.S.P. prevăd ca dată sfârșitul trimestrului sau a anului respectiv.

$$I_{cl} = \frac{P_d}{P_i} \times 100$$

Prin executarea reparațiilor, înlăturarea uzurii și eliminarea strangulărilor se poate aduce puterea disponibilă cât mai aproape de puterea instalată.

Menționăm că, în conformitate cu STAS 2551/951, puterea aflată în revizie nu se scade din puterea disponibilă.

Darea unei sarcini mobilizatoare în această privință a contribuit în bună măsură la satisfacerea tuturor cererilor de energie electrică din țara noastră.

Puterea disponibilă a centralelor electrice din R.P.R. a crescut încontinuu. Astfel, în cursul anului 1949, puterea disponibilă a centralelor

M.E.E. a crescut cu 14,7% față de puterea disponibilă din Decemvrie 1948.

In cursul anilor 1950, 1951 și 1952 raportul dintre puterea disponibilă și puterea instalată a continuat să se îmbunătățească. Începând din anul 1952 — când au început să intre în funcțiune centrale noi mari ca „Gh. Gheorghiu-Dej" Doicești, Ovidiu II, etc., — la care puterea disponibilă este practic egală cu cea instalată — pe ansamblu puterea disponibilă s'a apropiat și mai mult de puterea instalată.

Cu toate acestea, ritmul cererilor de energie se menține ridicat — prin intrarea continuă în în funcțiune a noilor uzine și fabrici — de aceea este necesar ca Regionalele de electricitate să ia toate măsurile pentru ridicarea și menținerea puterilor disponibile cât mai aproape de puterile instalate.

Pentru a se realiza această importantă sarcină, întreprinderile producătoare de electricitate trebue să ia următoarele măsuri :

— executarea de reparații capitale și reconstruirea părților prea uzate care provoacă strangulări de puteri ;

— complectarea instalațiilor pentru a se elimina strangulările, acolo unde ele există ;

— aprovizionarea la timp cu piese de rezervă și de schimb, etc.

Prin luarea acestor măsuri și prin intrarea în funcțiune a noilor centrale se prevede ca la sfârșitul Planului Cincinal puterea disponibilă să fie cât mai aproape de puterea instalată.

b) In anumite cazuri se urmărește și *raportul dintre puterea utilizabilă (medie pe o anumită perioadă) și puterea disponibilă.* Acest raport ne indică scăderea medie a puterii utilizabile din cauza reviziilor.

$$I_{c2} = \frac{P_u}{P_d}$$

Dacă de exemplu $P_{u\,med} = 100.000$ kW, iar $P_{d.\,med} = 120.000$ kW, raportul acestor două puteri va fi egal cu $\frac{100.000}{120.000} = 0{,}83$ sau 83%. In acest caz reviziile au scăzut puterea utilizabilă față de cea disponibilă în medie cu 17%.

c) *Raportul dintre puterea la vârful maxim și puterea disponibilă* (existentă la data când a avut loc puterea la vârful maxim) caracterizează rezerva de putere la cea mai mare încărcare.

$$I_{c3} = \frac{P_{v.\,max}}{P_d}$$

Urmărirea acestui indice este necesară pentru siguranță în exploatare. Se urmărește ca raportul între puterea la vârful maxim și puterea disponibilă să nu fie mai mare decât o anumită valoare. Această sarcină se realizează pe două căi :

— prin micșorarea vârfurilor de putere, adică prin aplatizarea curbei de sarcină ;

— prin mărirea puterii disponibile.

Factorul de rezervă al unei centrale electrice este raportul dintre rezerva disponibilă și puterea la vârful maxim în perioada considerată. Dacă notăm $P_{d.\,v.\,max}$ puterea disponibilă a centralei în momentul de vârf maxim, vom avea :

$$F_r = \frac{P_{d.\,v.\,max} - P_{v.\,max}}{P_{v.\,max}}$$

Factorul de rezervă poate fi :

— mai mare decât zero dacă $P_{d.\,v.\,max} > P_{v.\,max}$ (centrala lucrează cu rezerve de putere) ;

— mai mic decât zero dacă $P_{d.\,v.\,max} < P_{v.\,max}$ (centrala lucrează cu suprasarcină) ;

— egal cu zero dacă $P_{d.\,v.\,max} = P_{v.\,max}$ (centrala lucrează fără rezervă de putere).

d) Un alt indice important în industria energiei electrice este *indicele de aplatizare a curbei de sarcină* (α). Acesta este egal cu raportul dintre puterea medie și puterea la vârful maxim din perioada respectivă.

$$\alpha = \frac{P_{med}}{P_{v.\,max}}$$

Acest indice ar fi egal cu unitatea dacă centrala ar debita tot timpul o putere constantă ; în practică însă acesta are o valoare subunitară. Cu cât curba de sarcină este mai neregulată, prezentând vârfuri și adâncituri, cu atât valoarea indicelui de aplatisare va fi mai scoborâtă, exploatarea fiind mai defavorabilă.

Pentru a se reduce aceste neregularități și pentru a se „aplatiza" curba de sarcină, este necesar a se raționaliza consumul de energie.

Aceasta se poate face pe două căi :

— pe calea raționalizării diferiților consumatori, prin decalarea vârfurilor de putere cerute de aceștia ;

— pe calea îmbunătățirii curbelor de sarcină a fiecărui consumator în parte.

Amândouă aceste măsuri conduc la o aplatisare a curbei de sarcină a uzinelor producătoare de energie.

Prin măsurile de raționalizare luate în ultimul timp s'a reușit ca — la aceeași putere instalată — să se facă față unor cereri sporite de energie electrică.

Ca ordin de mărime, se dau o serie de valori a indicelui de aplatizare, pentru diferite categorii de consumatori :

Iluminat exterior	0,17 . . . 0,29
Iluminat interior și apar. casnice	0,29 . . . 0,40
Industrie lucrând cu un schimb	0,23 . . . 0,29
Idem cu două schimburi	0,40 . . . 0,57
Idem cu trei schimburi	0,57 . . . 0,80

Ca măsuri practice de luat în întreprinderi, în vederea aplatizării curbei de sarcină, citâm :

— echilibrarea încărcării electrice a schimburilor ;

— trecerea proceselor de fabricație care necesită puteri mari în schimbul de noapte ;

— organizarea pe secții a pauzelor pentru mesele din timpul schimburilor ;

— programarea eșalonată a pornirii receptorilor electrici ;

— programarea eşalonată a funcţionării receptorilor electrici care nu se folosesc continuu în timpul unui schimb, pe cât posibil în afara orelor de vârf;

— folosirea de electromotoare cu puteri nominale cât mai apropiate de puterea necesară acţionării utilajului respectiv.

e) Pentru politica energetică a unei ţări este important a se stabili *raportul dintre energia produsă de centralele hidroelectrice şi energia total produsă.*

$$I_{c.} = \frac{W_{hid.}}{W_{total}}$$

Un alt indice complimentar, de aceeaşi natură, este şi raportul dintre energia produsă în centralele folosind combustibili inferiori şi energia totală produsă pe cale termică.

In industria energiei electrice se mai urmăreşte şi raportul dintre energia reactivă şi energia activă produsă de centralele electrice. precum şi alţi indici complimentari.

f) *Randamentul net al uzinelor.* Ţinând seamă că în uzinele termice există o corelaţie între consumul propriu tehnologic de energie şi între consumul specific de combustibil şi anume: consumul propriu tehnologic creşte când alimentarea cazanelor se face cu electro-pompe, în timp ce consumul specific de combustibil creşte când alimentarea se face cu turbo-pompe, pentru a vedea randamentul optim folosim formula:

$$\eta = \frac{860\,(100 - C_t)}{Q}$$

în care η = randamentul net al uzinelor
C_t = consumul propriu tehnologic, exprimat în procente
Q = consumul specific de combustibil exprimat în kcal/kWh.

Dacă, de exemplu, în anul de bază $C_t = 6\%$, iar $Q = 4700$ kcal/kWh, vom avea

$$\eta = \frac{860\,(100-6)}{4700} = 17{,}25\%$$

Dacă pentru anul de plan se prevede că C_t va creşte la 7% în timp ce Q va descreşte la 4600 kcal/kWh, vom avea:

$$\eta = \frac{860\,(100-7)}{4600} = 17{,}40\%$$

adică randamentul net al uzinelor a crescut, deşi a crescut consumul propriu tehnologic.

3) INDICI DE CONSUM

Ei exprimă consumul de materii prime, materiale, combustibil şi energie electrică pe unitatea de produs. Cum în industria energiei electrice produsul este energia electrică, iar unitatea cu care se măsoară este kWh, indicii de consum vor fi raportaţi la 1 kWh.

a) Cel mai important indice de consum este *consumul specific de combustibil*, exprimat în kcal/kWh. Cheltuielile de combustibil intrând cu o pondere mare în preţul de cost al energiei electrice, rezultă că prin reducerea acestui consum se poate obţine importante economii. Reducerea cu câteva grame de combustibil pe fiecare kWh produs atrage după sine economii de mii de tone de combustibil, reducând simţitor preţul de cost al energiei electrice.

Obţinerea unui consum specific redus contribue la buna întreţinere şi exploatare a utilajului respectiv. Un exces de combustibil are drept urmare o ardere incomplectă, dând naştere la diferite produse solide (funingine, sgură), ce produc uzuri, micşorarea randamentului şi reducerea siguranţei de exploatare.

In Uniunea Sovietică s'a reuşit a se reduce consumul specific dela 1,06 kg combustibil convenţional de 7000 kcal, cât era pe vremea regimului ţarist, la numai aproximativ 0,5 kg/kWh. (0,531 în anul 1951).

In anul 1940, din fiecare tonă de combustibil consumat se producea 1650 kWh de energie electrică, cu 35% mai mult decât în anul 1928. Datorită acestui fapt s'au economisit 7 milioane tone de combustibil.

Ca ordin de mărime, consumurile medii de combustibil convenţional de 7000 kcal/kg sunt următoarele:

Caracteristicile centralei	Consumul specific mediu	
	Combust. convenţional kg/kWh	căldură kcal/kWh
Turbine de puteri mici, abur 12 – 15 ata, 350°C	0,88 – 0,82	6150 – 5750
Turbine de puteri mijlocii, abur 29 ata, 400°C	0,56 – 0,53	3900 – 3700
Turbine de puteri mari, abur 29 ata 400°C	0,51 – 0,49	3580 – 3450
Turbine de puteri mari, abur 90 ata 480°C	0,42 – 0,40	2970 – 2780

Problema reducerii consumului specific de combustibil este legată de:

— alegerea combustibilului celui mai indicat din punct de vedere tehnic şi economic;

— evitarea pierderilor la manipularea şi păstrarea combustibilului;

— micşorarea pierderilor de combustibil şi căldură prin întreţinerea raţională a instalaţiilor,

— exploatarea raţională a instalaţiilor;

— ameliorarea curbei de sarcină a uzinei.

Printre măsurile de exploatare raţională a instalaţiilor fac parte în primul rând:

— asigurarea unei combustiuni cât mai perfecte la cazane şi la motoarele cu combustie internă; dotarea uzinelor cu aparatele de măsură şi control necesare;

— repartizarea raţională a sarcinii pe uzini interconectate;

— repartizarea raţională a sarcinii pe unităţi — în cadrul unei uzini — şi utilizarea de preferinţă a grupurilor celor mai economice;

— pregătirea apei de alimentare (reducerea durităţii; deci a conţinutului de săruri.

— îmbunătățirea factorului de putere.

Începând cu anul 1950 reducerea consumului specific a constituit o sarcină de plan a cărei realizare a fost urmărită îndeaproape de M.E.E. obținându-se însemnate succese.

b) Un alt indice important este *consumul propriu de energie electrică.*

Acesta este egal cu raportul dintre energia consumată pentru nevoile centralei și energia totală produsă. Cum energia consumată pentru nevoi proprii este egală cu diferența dintre energia produsă la bornele generatorilor și energia emisă la barele uzinei, indicele de consum propriu (exprimat în %) va fi egal cu :

$$I_{cs} = \frac{W_p - W_e}{W_p} \times 100$$

în care W_{pr} = energia produsă

W_e = energia emisă

Consumul propriu poate fi împărțit în două categorii :

— consumul propriu tehnologic și

— consum propriu regie.

Primul este necesar pentru acționarea ventilatoarelor, a pompelor, a morilor de cărbuni, a instalațiilor pentru manipularea combustibilului și cenușei, etc.

Cel de al doilea se referă la iluminatul birourilor, a magaziilor, forța motrică a atelierelor anexe, etc.

Ca ordin de mărime, consumul propriu tehnologic poate varia între limite destul de largi, după cum urmează :

Felul centralei	Cons. propriu tehnologic în %
Centrale hidraulice	1,5—3
Centrale Diesel	3—6
Centrale cu gaze	5—7
Centrale cu păcură	6—8
Centrale cu cărbuni bulgări	6—10
Centrale cu cărbuni praf	7—12

Consumul propriu de regie este destul de mic 0,5—0,7%.

Reducerea consumului propriu este o sarcină pe care centralele trebue să o urmărească cu atenție. Măsurile prin care se poate reduce acest consum sunt în general legate de :

— separarea consumului serviciilor interne din uzine de alte consumuri anexe ;

— raționalizarea instalațiilor serviciilor interne ;

— întreținerea și exploatarea rațională a instalațiilor serviciilor interne.

*

Pentru ca indicii tehnico economici să-și poată manifesta toată forța lor mobilizatoare, este necesar ca valorile acestor indici să fie valori *progresive*, adică nivelul lor să se afle deasupra realizărilor mijlocii. Numai în acest mod indicii tehnico-economici vor contribui la creșterea producției și a productivității muncii, la mai buna utilizare a mașinilor, agregatelor și instalațiilor și la reducerea prețului de cost al energiei electrice. In practică se utilizează de fapt indici *medii progresivi*, adică indici ale căror valori sunt situate între realizările medii și realizările de vârf ale uzinelor fruntașe. Ei se numesc *medii*, fiindcă țin seama de media realizărilor obținute și *progresiv*, deoarece țin seama și de realizările de vârf, fiind astfel situați deasupra realizărilor medii, având deci un caracter de progresivitate.

Dacă de exemplu, consumul specific mediu de combustibil kcal/kWh a fost în anul de bază pentru întreg sectorul energiei electrice de 4500 kcal/kWh, existând însă și anumite uzini fruntașe care au consumat numai 4200 kcal/kWh, în anul de plan consumul specific mediu de combustibil va trebui să fie planificat între realizarea medie, 4500 kcal/kWh și realizările de vârf 4200 kcal/kWh (fig. 3).

Bibliografie

P. *Ivanov* : „Normele medii progresive în planificarea industriei". Editura de Stat 1951.

A. *Smuc* : „Indicii tehnico-economici și rolul lor în planificarea producției industriale". „Probleme Economice" Nr. 4 1950.

* * * „Despre metodele de stabilire a normelor medii progresive". „Probleme economice", Nr. 4—5/1951.

L. *Marcovici* : „Rolul indicilor tehnico-economici în mai deplina folosire a utilajului industrial și a suprafețelor de producție". „Probleme economice" Nr. 8/1952.

* * * „Stabilirea indicilor tehnico-economici în sectorul energiei electrice. Prima conferință pe țară din 10—12 Martie 1950". Bul. M.E.E. Nr. 3,4 și 5/1950.

* * * „Pentru îmbunătățirea normelor de exploatare în sectorul energetic". „Electriceschie Stanții" Nr. 3/1949.

A. *Arachelian* : „Rezervele întreprinderilor în slujba planului cincinal". Editura C.G.M. 1949.

V. *D. Savinschi* : „Curs de statistică industrială". Editura de Stat 1951.

M. *Romanov* : Statistica industrială.

* * * Note la cursul de energetică Lito. I.S.E.P. 1952.

* * * „Instrucțiunile Comitetului de Stat al Planificării pentru complectarea formularelor de plan pe anul 1952 și 1953.

★

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

В настоящей статье излагается роль и значение технико-экономических показателей в электроэнергетической промышленности. Просматриваются главнейшие экстенсивные и интенсивные показатели, участие их в выполнении плановых заданий, а также и достижения, полученные в СССР и РНР.

PREMIUL DE STAT, STIMULENT PUTERNIC IN MUNCA DE CREAŢIE

Ştiinţa, arta şi literatura a luat o largă desvoltare în Republica Populară Română. Partidul şi Guvernul acordă tot sprijinul şi toată preţuirea oamenilor de ştiinţă şi cultură

Prof. Ing. Martin Bercovici

creindu-le condiţii prielnice de activitate pentru a se pune cunoştinţele şi creaţia lor în slujba poporului, a construirii socialismului şi apărării păcii.

In acest scop, au fost create nenumărate institute de cercetări ştiinţifice, case de cultură şi de creaţie, acordându-se oamenilor de ştiinţă şi cultură un însemnat sprijin cum nu l-au cunoscut niciodată în ţara noastră.

O dovadă grăitoare a grijei deosebite pe care Partidul şi Guvernul nostru o poartă desvoltării culturii noastre este decernarea premiilor de stat pentru cele mai valoroase lucrări ştiinţifice, tehnice, literare şi artistice.

Conferirea acestor premii unui remarcabil număr de oameni de ştiinţă, inovatori şi raţionalizatori, tehnicieni şi stahanovişti, scriitori şi artişti va da un nou avânt desvoltării culturii şi ştiinţei noi socialiste din Patria noastră.

Din sectorul Ministerului Energiei Electrice au fost distinşi cu premiul de Stat cl. I colectivul compus din tovarăşii ingineri Martin Bercovici, Ştefan Gheorghiu, Const. Rotaru şi arhitectul Aurel Doicescu care au proiectat termocentrala „Gheorghe Gheorghiu-Dej" dela Doiceşti, prima mare centrală din planul de electrificare, care are o putere instalată ce depăşeşte cu mult puterea celor mai mari centrale existente în ţară.

Considerabila desvoltare luată de industria noastră electrotehnică constitue un imbold puternic pentru desvoltarea întregei economii naţionale.

Deasemenea au primit înalta distincţie a premiului de Stat cl. I colectivul compus din Prof. ing. Dorin Pavel, ing. Dragoş Bâlcu şi ing. Florin Constantinescu pentru realizarea sistemului hidroenergetic de mare cădere din Banat.

Construirea noilor termo şi hidrocentrale producătoare de energie electrică va grăbi ritmul construcţiei noastre socialiste traducându-se în viaţa şi în ţara noastră învăţătura socialistă despre electrificarea ţării.

In activitatea ştiinţifică a noilor laureaţi ai Premiului de Stat poporul nostru muncitor recunoaşte cu mândrie aceeaşi ştiinţă înaintată, care după cum ne învaţă tovarăşul Stalin nu se ţine departe de popor ci slujeşte cu abnegaţie poporul şi transmite acestuia toate cuceririle ştiinţei.

Inalta preţuire acordată la noi ştiinţei şi tehnicei arată limpede că Partidul nostru aplică consecvent politica stalinistă de pace iar oamenii noştri de ştiinţă urmând pilda celor sovietici lucrează în laboratoarele progresului şi civilizaţiei nu în laboratoare ale morţii şi distrugerii ca pseudosavanţii din ţările capitaliste.

In societatea socialistă interesele statului se identifică integral cu cele ale poporului, Numai într'o asemenea societate ştiinţa, tehnica, arta şi literatura pot ajunge pe culmile înfloririi.

De aceea oamenii de ştiinţă şi cultură dela noi sprijină cu avânt grandioasele planuri iniţiate de Partid şi Guvern pe drumul construirii socialismului.

Decernarea premiilor de Stat dă un avânt muncii de creaţie şi este fără îndoială un punct de plecare spre noi victorii.

Să închinăm toate forţele noastre victoriei vieţii libere şi paşnice care ne deschid drumul minunaţilor constructori ai comunismului. Să urmăm măreaţa pildă a popoarelor sovietice şi învăţătura genială a lui Lenin şi Stalin.

Prof. Ing. Dorin Pavel

Apreciind importantele realizări obţinute în anii 1950—1951, poporul nostru cere celor de pe frontul ştiinţei, artei şi literaturii să nu se mulţumească cu succesele obţinute şi să se întegreze cât mai deplin în lupta pentru pace şi socialism, să lege cât mai strâns operele lor, de necesităţile practice ale construcţiilor socialiste, să desvolte curagios iniţiativele valoroase ducând tehnica şi cultura noastră pe culmile cele mai înalte.

ELECTRIFICAREA AGRICULTURII IN U. R. S. S.*)

Concepţia leninist-stalinistă asupra electrificării, potrivit căreia electrificarea trebue să meargă cu un pas înaintea industrializării socialiste, îşi găseşte aplicaţie şi în agricultură.

Mecanizarea şi electrificarea agriculturii, care au format în Uniunea Sovietică condiţia de bază a construirii socialismului la sate, este astăzi un instrument tot atât de important pus în slujba construirii comunismului.

Veriga cea mai importantă a electrificării rurale este electrificarea muncilor agricole. Ea permite introducerea pe scară largă a mecanizării, contribuind astfel la transformarea muncilor agricole într'o varietate a muncilor industriale proprie zorilor comunismului. Dar toate acestea nu ar fi fost posibile fără înfăptuirea Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie care a deschis perspective largi de desvoltare tânărului Stat Sovietic. Lenin, care cunoştea însemnătatea electrificării ca pârghie a construirii socialismului şi comunismului, a elaborat o întreagă concepţie revoluţionară asupra progresului tehnicei şi economiei sovietice pe baza electrificării. Deaceea, imediat după Revoluţia din Octombrie, din iniţiativa şi sub îndrumarea lui Lenin şi a tovarăşului Stalin s'a întocmit măreţul plan de electrificare a Uniunii Sovietice, planul G.O.E.L.R.O., cu care s'a pornit la electrificarea întregii ţări.

„Comunismul, spunea Lenin, este puterea sovietelor plus electrificarea întregii ţări".

Încă în 1921, asistând la încercarea unuia din primele agregate pentru aratul electric, Lenin a arătat necesitatea de a se continua lucrările de experimentare în domeniul aratului electric.

Succesele introducerii electrificării în mediul rural deveneau tot mai evidente. Astfel, înaintea celui de al doilea război mondial, în agricultura la sate existau 11.000 instalaţii electrice cu o putere totală de 275.000 kW, iar la începutul anului 1941 foloseau energie electrică 10.000 colhozuri, 2.500 S.M.T. şi câteva sute de sovhozuri.

După cel de al doilea război mondial, din iniţiativa tovarăşului Stalin, Guvernul U.R.S.S. adoptă o hotărîre specială cu privire la desvoltarea electrificării rurale, în care se subliniază importanţa economică a electrificării agriculturii. Această hotărîre care stabilea sarcinile de plan pe anul 1945 a creat premizele trecerii la lucrări largi de electrificare la sate, prevăzute în primul plan cincinal postbelic.

Caracteristic perioadei de după război este existenţa a sute de raioane în care toate colhozurile şi SMT folosesc energie electrică. Astfel, încă din 1947 satele din R.S.S. Armeană, cele din regiunea Moscova etc., au fost aproape complect electrificate.

„Marile energii, spunea tovarăşul Stalin, se nasc numai din marile ţeluri". Entuziasmul cu care milioanele de oameni sovietici participă la înfăptuirea măreţelor construcţii ale epocii staliniste confirmă în totul cuvintele sale.

Centralele hidroelectrice de pe Volga, dela Cuibâşev şi Stalingrad, canalul Volga-Don, hidrocentrala Cahovca pe Nipru, principalul Canal Turcmen, vor face munca oamenilor sovietici mai uşoară, viaţa lor mai îmbelşugată, Aceste măreţe construcţii fac posibilă şi necesară intensificarca electrificării agriculturii atât în procesele de lucru cu caracter staţionar cât şi mobile.

Spre deosebire de trecut, când energia electrică se folosea în primul rând pentru procesele de lucru cu caracter staţionar, astăzi peste 50% din întrega putere a resurselor energetice de care dispune agricultura, este folosită pentru procesele mobile de muncă agricolă (arat, însămânţat, etc.).

Electrificarea proceselor mobile de munci agricole necesită o putere mult mai mare decât procesele staţionare de producţie din agricultură. Pentru electrificarea proceselor mobile de muncă şi a proceselor staţionare de producţie a sovhozurilor din raza de acţiune a unui singur S.M.T., e nevoe de o centrală electrică cu o putere de aproximativ 2000 kW.

Perspective favorabile pentru folosirea energiei electrice la procesele mobile de muncli agricole există în zonele agriculturii irigate din apropierea giganticelor centrale hidroelectrice de pe Volga, Don, Nipru, etc.

Condiţia obligatorie a folosirii electricităţii în procesele de muncă mobile o constitue construcţia de agregate electrice cu randament bun, precum şi asigurarea bazei electroenergetice necesare.

Constructorii sovietici, învingând dificultăţile tehnice întâmpinate la utilizarea electricităţii în acţionarea uneltelor agricole mobile, au reuşit să realizeze tractoare electrice.

Precum s'a arătat, lucrările de proiectare a unor agregate electrice pentru lucrarea pământului şi pentru strângerea recoltei au fost începute încă din primii ani de existenţă ai Puterii Sovietice.

La început se acorda atenţie aşa numitelor agregate electrice de arat cu tracţiune prin cablu (sistemul troliului electric), dar experienţa îndelungată a diverselor tipuri de agregate de acest fel a arătat că ele nu pot constitui baza tehnică pentru folosirea pe scară largă a energiei electrice în procesele mobile de muncă agricolă şi că acestea ar putea fi folosite numai la arat.

Desavantajele agregatelor electrice de arat cu tracţiune prin cablu constă în aceeea că ele folosesc un plug oscilant în greutate de 5..6 tone, care necesită eforturi fizice foarte mari, Pierderile pe circuitul cablului, care reprezintă 10.15% din puterea utilă chiar pentru distanţa de ordinul a 500 m, constitue un alt desavantaj al acestui sistem.

Deficienţele acestui agregat electric a limitat folosirea lor, rămânând utile însă pentru aratul la adâncime foarte mare.

Paralel cu crearea acestor agregate, se efectuează lucrări pentru proiectarea de maşini electrice autopropulsate, pentru lucrări de câmp, precum şi de tractoare electrice alimentate cu energie electrică printr'un cablu flexibil. O astfel de construcţie a fost plugul electric al inginerului sovietic Poeclit. Diverse tipuri ale acestui fel de maşini autopropulsate au fost construite şi de alţi savanţi sovietici, dar nici aceste tipuri nu erau destul de rentabile.

Abia în anul 1937, colaboratorii Institutului Unional de Cercetări Ştiinţifice în domeniul electrificării agriculturii, au reuşit să creeze un tip de tractor electric eficace.

Intre anii 1937 şi 1938, Institutul V.I.S.H. a elaborat şi a încercat opt tipuri diferite de tractoare electrice cu alimentarea prin cablu, care s'au dovedit superioare. Avantajul principal al folosirii tractorului electric faţă de tractorul cu motor cu ardere internă, constă în economie de combustibil lichid, pentrucă electrificarea proceselor mobile de munci agricole se realizează în special pe baza folosirii energiei date de centralele hidroelectrice. Ilustrând avantagiile folosirii tractorului electric, autorul arată că economia de produse obţinute din distilarea petrolului este în medie de 18 kg pentru un ha de arătură moale. Consumul de energie electrică pentru un ha de arătură moale este de 48 kWh. Fiecare kWh consumat în scopul electrificării proceselor de muncă dă o economie de 0,4 kg produse petrolifere.

Pentru deservirea tractoarelor electrice este nevoe de o forţă de muncă cu 33% mai mică decât aceea necesară tractoarelor termice. Brigada de tractoare nu mai are nevoe de oameni care să se ocupe de transportul combustibilului, de alimentarea tractorului cu combustibil şi apă. Deasemenea, munca tractoristului este mult uşurată în cazul tractorului electric. Totodată, tractorul electric ară cu o viteză de aproximativ patru ori mai mare decât tractorul termic.

In agricultură, electrificarea deschide perspective largi mecanizării şi prin aceasta unei enorme creşteri a producţiei, iar mecanizarea şi electrificarea progresivă a agriculturii, duce la desfiinţarea treptată a deosebirilor esenţiale dintre sat şi oraş, dintre munca manuală şi cea intelectuală.

* * *

Perspectivele de desvoltare a foloaselor şi întrebuinţării electricităţii sunt mari. Oamenii de ştiinţă şi tehnicienii sovietici sunt în fruntea progresului, pentrucă ei pun la baza desvoltării ştiinţei şi tehnicei sovietice singura metodă ştiinţifică, metoda dialectică şi singura concepţie ştiinţifică, concepţia materialistă.

In agricultura irigată din zonele marilor construcţii ale comunismului, asistăm la desfăşurarea procesului de electrificare a muncilor agricole pe o suprafaţă de mai multe milioane de ha, ceeace va da o economie anuală de produse petrolifere de sute de mii de tone.

*) Prelucrare după I. F. Scurov : Problemele electrificării agriculturii socialiste (Vopr. Economii Nr. 5 1952)

Imbunătățirea construcțiilor tractoarelor electrice, acumularea experienței în exploatarea lor și crearea de noi tipuri și sisteme de mașini agricole, special adaptate pentru lucrul cu tractorul electric, vor duce la o creștere și mai mare a productivității muncii.

Eficacitatea economică a folosirii tractoarelor electrice va crește pe măsură ce vor fi exploatate, prin îmbunătățirea condițiilor și formelor organizatorice de folosire a lor.

S.M.T. electrice vor concentra tractoare electrice și mașini agricole de lucrare a solului precum și instalațiile electrice care vor asigura nu numai electrificarea proceselor de munci agricole dar și nevoile producției din colhozuri.

ing. M. F.

RECENZII

N. A. SEMENENCO : *Resurse energetice secundare în industrie*, Editura Energetică de Stat, 1952, (traducere din limba rusă).

Cartea lui N. A. Semenenco, profesor la Institutul Energetic din Moscova, se ocupă în mod special cu examinarea detailată și aplicarea tehnico-științifică a problemei folosirii în producție a produselor secundare ale căldurii.

Industria consumă o mare cantitate de energie electrică și combustibil. Cea mai mare parte a combustibilului consumat în industrie este cheltuită pentru diferite procese pirotehnologice, dar datorită specificului propriu lor, aceste procese dispun uneori de puternice rezerve de resurse energetice secundare. Utilizarea rațională a acestor procese termice secundare, în special pentru producerea suplimentară de energie electrică, reprezintă o problemă de stat de mare importanță.

Lucrarea este o monografie care sistematizează experiența acumulată în acest domeniu și sintetizează o serie de lucrări anterioare, de acelaș gen ale autorului. Ea constitue o contribuție prețioasă pentru teoria și practica energeticei industriale.

Lucrarea este împărțită în cinci părți (14 capitole) si are în anexă o călăuză pentru calcule.

In partea întâia sunt examinate rezervele disponibile și viitoare ale resurselor energetice secundare industriale (cap. I) și sunt date principalele caracteristice energetice și elemente de clasificare ale procesului pirotehnologic, care formează sursa principală a izvoarelor secundare de căldură (cap. 2). In capitolul I, se trec în revistă procese de producție legate de consumul sau transformarea combustibilului pentru stabilirea importanței din punct de vedere economic a problemei tratată în carte. Capitolul II, prezintă un interes special : se studiază randamentul utilizării combustibilului în producție și sunt arătate elementele clasificării energetice ale proceselor pirotehnologice.

Partea II a cărții este consacrată utilizării regenerative a căldurii. Aici se examinează în mod amănunțit influența încălzirii componenților de ardere asupra productivității și randamentului economic al procesului pirotehnologic. Se cercetează comparativ două variante de regeneratoare a căldurii gazelor evacuate la încălzirea șarjei sau fabricatelor și a componenților de ardere, subliniindu-se avantajele deosebite ale acestei din urmă variante.

Partea a III-a a cărții (cap. 6, 7, 8) se ocupă cu examinarea problemelor de utilizarea în scopuri energetice a căldurii gazelor industriale evacuate. In această parte care sintetizează multe probleme tratate în lucrările publicate anterior de autor, apar ca noi și foarte interesante paragrafele care tratează despre parametrii aburului și protecția suprafețelor de încălzire ale schimbătorilor de căldură de după cuptor contra depunerii de sgură și contra cenușei volante. Materialul demonstrativ în legătură cu cazanele de după cuptor este prezentat deasemenea sub forma de scheme de constructie.

In partea a IV a cărții (cap. 9, 10, 11) se studiază problemele utilizării căldurii fizice a sgurei evacuate și ale producției tehnologice (în special stingerea uscată a cocsului), precum și materialul în legătură cu produsele secundare de joasă temperatură (aburul utilizat și cel secundar, apa fierbinte). Aceste produse secundare ale căldurii, denumite produse de potențial termic scăzut, au o anumită importanță energetică, în special pentru industria ușoară și pentru unele ramuri ale industriei chimiee.

Partea a V-a a lucrării este cea mai importantă. In capitolul XII se arată într'o formă succintă, esența și însemnătatea proceselor energetice — tehnologice combinate, care formează o nouă cale de desvoltare a energeticei termice elaborată de savanții sovietici. In capitolul XIV și XV se examinează aplicarea acestui principiu la unele procese tehnologice de mare importanță : aplicarea oțelului, metalurgia metalelor neferoase, etc.

Cartea profesorului N. A. Semenenco constitue o contribuție serioasă în noua ramură în plină desvoltare a energeticei industriale sovietice.

Conținutul ei adânc științific se îmbină cu o expunere simplă și un material accesibil cercurilor largi de ingineri și tehnicieni. Această carte reprezintă un factor real în ceeace privește rezolvarea cât mai grabnică a problemei utilizării resurselor energetice secundare ale industriei sovietice, Ea este de un real folos pentru inginerii și tehnicienii din întreprinderile industriale de toate categoriile și poate fi folosită ca manual auxiliar de studenții facultăților energetice. Forma accesibilă a lucrării o face potrivită chiar pentru elevii ultimilor ani ai școlilor medii energetice.

P. A. DOLIN : *Repararea transformatorilor*, (traducere din limba rusă), Editura Energetică de Stat, 1952.

Desvoltarea centralelor electrice a dus la desvoltarea liniilor electrice de transport, a substațiilor și rețelelor de distribuție ceeace duce la creșterea numărului de transformatori utilizați.

In lucrare autorul descrie reparațiile ce se aduc transformatorilor de forță pe locul lor de instalare sau în atelierele mici ale rețelelor electrice urbane.

Transformatorul a fost inventat în anul 1876 de P. N. Iablocicov, unul din cei mai mari electrotehnicieni ruși, creatorul „lumânării electrice".

Ulterior acesta a fost perfecționat de către savantul inginer rus M. O. Dolivo-Dobrovolski, care a creat transformatorul trifazic cu trei coloane și jug comun.

Transformatorii instalați în rețelele electrice urbane, reprezintă de fapt sursele principale de alimentare a consumatorilor de energie electrică.

In rețelele urbane mai există pe lângă transformatorii noi și un mare număr de transformatori vechi care se găsesc în exploatare chiar de 15 ani și mai mult. Deaceea personalul de exploatare trebue să cunoască tehnologia reparațiilor, inclusiv demontarea complectă a transformatorilor și înlocuirea unor părți componente. Deasemenea muncitorii trebue să se priceapă la recondiționarea și confecționarea pieselor și la facerea încercărilor necesare.

In această lucrare, se examinează transformatorii normali trifazici în ulei cu două înfășurări cu puteri până la 500 kVA și cu tensiuni până la 10 kVA.

Cartea este împărțită în șase capitole și are o serie de anexe deosebit de importante.

In capitolul I, se expun problemele în legătură cu repararea transformatorilor și se arată importanța și felul repartiției planificată și neplanificată, precum și reparația curentă și revizia transformatorilor.

Capitolul II, tratează demontarea părții decuvabile a transformatorului și repararea miezurilor. Autorul se oprește la condițiile și ordinea demontării : despachetarea jugului, a miezului, etc.

Defectele și repararea înfășurărilor alcătuesc obiectul capitolului III. In acest capitol se descrie deformarea înfășurărilor, străpungerea, conturarea, precum și recondiționarea conductorilor înfășurării și bobinarea înfășurărilor transformatorului.

Capitolul IV tratează repararea elementelor transformatorului, repararea cuvei, a conservatorului de ulei, a capacului, garniturilor, legăturilor tablourilor de borne și a comutatorilor de prize.

In capitolul V este tratată pe larg montarea transformatorului și recepția lui după reparație. Autorul arată cum se face montarea și uscarea părților decuvabile precum și controlul după reparație și punere în funcție.

Capitolul VI se ocupă cu încercarea transformatorilor. In cele XVI paragrafe se expun încercările ce trebue să se execute asupra tuturor elementelor unui transformator, măsurătorilor ce se fac, verificarea conexiunilor, etc.

In anexă sunt date numeroase tabele cuprinzând caracteristicele transformatorilor de diferite fabricații din U.R.S.S., precum și ample lămuriri suplimentare privind uleiurile de transformatori folosite, izolații, etc.

Lucrarea este un manual practic, foarte folositor muncitorilor și tehnicienilor din exploatarea rețelelor electrice urbane și va fi util oricărei întreprinderi, școli medii tehnice, etc.

V. N. POCROVSCHI : *Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice*, Editura energetică de Stat, 1952 (traducere din limba rusă).

Pentru a contribui la rezolvarea problemelor legate de alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice și în general a oricărei întreprinderi industriale, autorul cărții folosește bogata experiență a marilor institute de proiectări sovietice : Institutul de proiectări termoelectrice (Teploelectroproiect), Institutul de proiectări energetice industriale (Promenergoproiect), Institutul de proiectări energetice comunale (Comunenergoproiect), Trustul de Stat pentru organizarea și raționalizarea centralelor și rețelelor electrice raionale (Orgres), etc. Colaboratorii acestor institute au elaborat pentru prima oară în tehnica inginerească metodele de calcul pentru bazinele de răcit, pentru schemele de alimentare cu apă în cazul existenței de surse limitate, etc.

Lucrarea „Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice" este împărțită în 15 capitole ; problemele sunt sistematic expuse. O bogată bibliografie și un index suplimentar de bibliografie asupra problemelor de proiectare, construcție și exploatare a instalațiilor pentru alimentarea centralelor termoelectrice precum și un număr de 93 de figuri complectează și lămuresc textul.

Cartea tratează problemele alimentării cu apă a centralelor electrice utilate cu turbine sau mașini cu abur și a celor cu motoare cu ardere internă. Sunt descrise amănunțit, în funcție de condițiile specifice locale, diferitele sisteme de alimentare cu apă folosite în centralele electrice.

Problemele privind sursele de apă, stațiile de pompe și amenajările de priză, a apeductelor și a puțurilor, bazinele de răcire a apei, bazinele de stropire și turnurile de răcire sunt tratate în capitole speciale. Intr'unul din capitole se dau criterii de comparație tehnico-economică a diferitelor sisteme de alimentare cu apă.

Lucrarea este de un deosebit interes pentru constructorii din domeniul alimentării cu apă. Ea poate fi consultată cu mult folos și de termotehnicieni, ingineri, mecanici, studenți, etc. In scopul unei mai bune folosiri de către aceștia, lucrarea cuprinde un capitol consacrat surselor de alimentare cu apă, capitol în care autorul expune succint elementele de bază ale hidrologiei.

Destinată constructorilor și proiectanților din sectorul alimentării cu apă a centralelor, lucrarea este utilă și personalului de exploatare din centralele termoelectrice.

I. V. LITVAC : *Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale*, Editura Energetică de Stat, 120 pag., (traducere din limba rusă).

Problema îmbunătățirii factorului de putere formează o preocupare importantă în întreprinderile industriale. Ea a fost limpede expusă în literatura tehnică sovietică.

Obținerea unei ameliorări a fost încurajată în U.R.S.S. și pe cale tarifară, consumatorii cu factor bun beneficiind de un tarif redus la energia electrică, iar cei cu factorul de putere 0,45 plătesc 150% față de tariful normal.

Ameliorarea factorului de putere este legată de numeroși determinanți.

Stabilirea unei evidențe precise a elementelor care influențează mărirea cos φ este o problemă dificilă și complicată.

Deaceea în practică se folosesc procedee mai simple și anume se pornește dela echivalentul economic al puterii reactive.

Autorul folosește calcule tehnico economice la analiza rentabilității aplicării diferitelor măsuri pentru îmbunătățirea factorului de putere.

Lucrarea lui Litvac se compune din 5 capitole.

Capitolul I tratează despre factorul de putere al întreprinderilor industriale dând definițiile de bază și datele privitoare la factorul de putere mediu din întreprinderile industriale.

In capitolul II se analizează principial consumurile de putere reactivă în întreprinderile industriale și anume motorul asincron și transformatorul.

Autorul expune apoi în capitolul III, folosirea rațională a motorului și transformatorului, ca mijloc de îmbunătățire a factorului de putere, arătând actualitatea problemei măririi efective a coeficientului de putere electrică, eficacitatea înlăturării supraplusului de putere al motoarelor asincrone, etc.

In capitolul IV se vorbește despre sincronizarea motorului asincron, mijloc de ameliorare a factorului de putere. Autorul desvoltă acest capitol care tratează despre un mijloc de îmbunătățire neîndeajuns de folosit.

Capitolul V cuprinde criterii tehnico-economice pentru alegerea tipului și puterii dispozitivelor de compensare. In anexă sunt date o serie de tabele și date numerice utile calculelor cerute de problema ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale.

Lucrarea este destinată inginerilor și tehnicienilor din energetica industrială, Ea prezintă soluțiile practice pentru ameliorarea factorului de putere din întreprinderi, redându-le sub o formă care le fac accesibile oricărui cititor preocupat de problemele tehnico-economice. Considerentele de ordin tehnico-economic în concordanță cu regulamentele tehnice în vigoare sunt o călăuză pentru personalul tehnic în problema alegerii tipului și puterii dispozitivelor de compensare.

Instalații hidraulice de forță, Edit. Energetică de Stat, 1952, 322 pag.

Lucrarea este alcătuită de un colectiv de specialiști și prezintă diferite tipuri de turbine mai des folosite, arată construcția lor, domeniul de folosire, metodele de exploatare și reguli de întreținere.

Lucrarea este împărțită în patru părți.

In partea I-a se tratează problemele generale, debitul și viteza curentului de apă, puterea instalațiilor hidraulice turbinele, etc.

Partea II-a intitulată „Instalații hidraulice de forță" cuprinde următoarele capitole : 1) tipurile principale de turbine hidraulice ; 2) regulatorii turbinelor hidraulice ; 3) canale și conducte pentru aducțiunea apei la centralele hidroelectrice ; 4) dispozitive auxiliare ale instalațiilor de forță ; 5) partea electrică a centralei ; 6) turbinele pentru centralele hidroelectrice mici ; 7) mijloace de transmiterea puterii dela turbine la generatori ; 8) modernizarea instalațiilor hidraulice mici ; 9) variația randamentului și domeniul de întrebuințare al diferitelor categorii de turbine.

Partea III-a cuprinde patru capitole și anume : 1) recepționarea turbinelor hidraulice ; 2) considerațiuni privind exploatarea instalațiilor hidraulice ; 3) întreținerea și reparația instalațiilor hidraulice mici și 4) îndrumări de planificare și executare de reparații, precum și măsurile de protecție ce trebuesc luate în timpul reparației și reviziei.

Lucrarea e deosebit de utilă pentru muncitorii și tehnicienii din uzinele hidroelectrice, Cartea de față se caracterizează prin accentul ce-l pune în diferitele capitole asupra soluțiilor privind microcentralele hidroelectrice pentru a contribui la electrificarea rurală.

Stilul curgător, figurile numeroase şi exemple concrete, îndrumările privitoare la înt eţinerea şi exploatarea centralelor hidroelectrice, îndrumările practice care se află în toate capitolele fac din această carte un preţios îndreptar în munca de ridicare a cadrelor medii pentru uzinele noastre hidroelectrice.

N. GHEORGHIU şi P. MILITARU : *Iluminatul electric*, Editura Energetică de Stat, 1952.

In această lucrare sunt expuse pe larg teoriile practice şi metodele de calcul necesare pentru realizarea instalaţiilor de iluminat electric. Teor ile fizico-matematice, cons deraţiile fiziologice în legătură cu obţinerea celei mai bune iluminări, sunt expuse astfel încât să ofere elementele necesare pentru înţelegerea proiectării şi executării instalaţiilor de iluminat electric.

Cartea cuprinde 16 capitole, ordonate logic.

In introducere se aruncă o privire istorică asupra naşterii şi desvoltării iluminatului electric şi se dau elemente istorice din ţara noastră în legătură cu desvoltarea iluminatului electric.

Se arată prioritatea ştiinţei şi tehnicii ruse în acest domeniu.

In capitolul intitulat „Bazele teoretice ale iluminatului" se tratează probl ma pe plan general şi teoretic, descriindu-se mărimile fotometrice, unităţile de măsură fotometrice şi legile fundamentale ale iluminării.

Capitolul III tratează despre radiaţiile termice, începând dela corpul negru. Se dă corpul negru etalon şi se expun legile radiaţiilor termice.

In capitolul următor se tratează despre radiaţiile descărcărilor în gaze şi vapori metalici şi se arată legătura cu constituţia atomilor. Autorii leagă aci teoria de practica iluminatului, arătând aplicarea descărcărilor în gaze şi vapori metalici la iluminat : apoi despre izvoarele electrice de lumină : lămpi incandescente, lămpi cu vapori metalici, lămpi cu descărcări în licărire folosind lumina catodică şi coloana anodică, lămpile fluorescente şi lămpile cu arc.

Capitolul VI şi VII se ocupă cu măsurile fotometrice şi calculul fluxului luminos, iar capitolul VIII tratează despre influenţa condiţiilor de iluminat asupra activităţii omeneşti. In acest capitol se dau noţiuni de fiziologie a vederii şi se arată rolul iluminatului în productivitatea muncii şi în protecţia muncii.

Capitolele IX şi X tratează despre sisteme de iluminat şi aparate de iluminat, cu clasificările şi îndrumarea pentru alegerea aparatelor de iluminat în cazurile respective.

Următoarele trei capitole sunt consacrate calculului instalaţiilor de iluminat interior cu corpuri luminoase punctiforme şi de dimensiuni mari, precum şi a celor de iluminat exterior. Aici se dau metodele cele mai noi pentru calculul instalaţiei de iluminat în diferite categorii.

Capitolul XIV tratează proiectarea instalaţiilor de iluminat, iar capitolul XV particularităţile unor instalaţii de iluminat din întreprinderi industriale şi neindustriale.

In anexă se dau normele iluminatului cu lămpi incandescente pentru clădiri de locuit şi clădiri publice, folosind provizoriu normele în vigoare în U.R.S.S. care reprezintă rezultatul unei experienţe vaste. Un număr de 27 tabele îmbogăţesc această latură practică a lucrării, dându-i o valoare deosebită.

Materia este tratată în această lucrare la un nivel superior, corespunzând cerinţelor cursurilor de iluminat electric ce se predau studenţilor din institutele tehnice care au în program această materie.

La alcătuirea lucrării, autorii au utilizat în mod judicios o bogată bibliografie sovietică de specialitate, folosind cele mai recente lucrări de un înalt nivel ştiinţific şi tehnic, care îmbrăţişează toate aspectele iluminatului electric modern.

Utilă direct prin capitolele de calcul şi proiectare lucrarea prin prezentarea ei unitară şi prin expunerea clară şi sistematică este de un real folos oricărui inginer şi tehnician, care vrea să se documenteze în acest domeniu de interes deosebit pentru viaţa socială.

S. BAINGLAS : *Dela torţă la lumina rece*, Editura Tineretului, 1952.

Autorul arată cum a luat fiinţă lampa cu ulei şi cum s'a perfecţionat pornind din cea mai adâncă antichitate dela începuturile iluminării cu torţe de lemn şi cu opaiţe cu ulei. Făcând o expunere a nevoilor de iluminat legate de desvoltarea industrială din secolele trecute, se arată cum a apărut iluminatul cu gaz aerian, produs prin distilarea uscată a cărbunelui şi apoi iluminatul cu petrol lampant, produs prin distilarea ţiţeiului.

In capitolul al III-lea, se vorbeşte de Lomonosov descoperitorul scânteii electrice apoi de arcul electric descoperit de Petrov şi în fine de lumânarea electrică a lui Iablocicov, prima lampă electrică folosită în iluminatul public.

Continuând cu desvoltarea ideilor şi tehnicii în materie de iluminat electric, autorul arată cum a inventat Lodâghin becul electric şi cum l-a perfecţionat ajungând la forma lui de azi.

Se arată apoi cum pentru a remedia lipsurile becului incandescent, s'a inventat lampa fluorescentă care dă lumina albă şi rece. Aci se arată rolul savanţilor sovietici în frunte cu Vavilov, care a creat iluminatul fluorescent. In capitolul final se dau elemente teoretice şi în legătură cu iluminatul în fabrici, şcoli, sate, etc.

Scrisă într'un stil limpede, plină de cunoştinţe folositoare, folosind o bogată bibliografie sovietică şi scoţând în evidenţă primatul rus şi sovietic în marile descoperiri din domeniul iluminatului electric, lucrarea de popularizare ştiinţifică publicată de Editura Tineretului prezintă interes pentru orice cititor. Pentru tineret, lucrarea este un adevărat auxiliar pentru învăţătura pe care o capătă în şcolile de diferite categorii.

MINISTERUL AGRICULTURII : *Hidroenergetica — Folosirea energiei apelor*, 264 pagini — 159 figuri. Editura Tehnică, 1952.

Folosirea energiei inepuizabile a apelor ţării noastre prezintă avantaje deosebit de însemnate pentru economia noastră naţională, şi Planul de electrificare a ţării trasează, în vederea construirii noilor uzini hidroelectrice, sarcini numeroase şi extrem de importante inginerilor şi institutelor de proiectare.

Indeplinirea acestor sarcini însă nu se poate realiza fără existenţa unor cadre bine pregătite şi pentru pregătirea lor s'au creat în afară de Facultatea de Hidroenergetică din Bucureşti, şi mai multe şcoli medii tehnice în care hidroenergetica este o disciplină de bază.

De asemenea pentru a pune la îndemâna inginerilor, studenţilor şi elevilor bogatul material din literatura tehnică sovietică, Editura Tehnică a publicat în traducere, mai multe lucrări în domeniul utilizării energiei apelor, dintre care amintim aici : Prof. M. A. Mostcov „Principiile proiectării hidroenergetice", Prof. B. V. Poliacov „Calculele hidrologice la proiectarea instalaţiilor pe râuri cu bazine mici", A. A. Morozov „Utilizarea energiei apelor", etc. şi alte câteva lucrări originale, iar recent lucrarea de mai sus apărută sub egida Ministerului Agriculturii.

Cartea se adresează elevilor şcolilor medii tehnice ale Ministerului Agriculturii, dar ea poate fi folosită şi de elevii altor şcoli medii tehnice cum şi de studenţii dela Facultăţile de Electrotehnică, de Mecanică şi de Imbunătăţiri Funciare care doresc să cunoască problemele hidroenergetice.

Lucrarea se împarte în zece capitole.

După ce se face în primul capitol un scurt istoric al folosirii apelor în ţara noastră şi se arată factorii de care depinde mărimea energiei hidraulice, se trece în capitolul următor la expunerea modului cum se crează căderea sau diferenţa de nivel. Se arată lucrările preliminare ce trebue făcute în vederea construirii unei uzini hidraulice, amenajările necesare pentru crearea căderii sau a diferenţei de nivel H, folosirea directă a unei căderi de apă pentru producerea energiei de presiune şi influenţa variaţiei înălţimii de cădere.

Capitolul III tratează despre crearea debitului. După ce se amintesc condiţiile hidrografice de care depinde debitul Q al unei uzine hidraulice şi legătura care există între cuantumul şi repartiţia precipitaţiilor atmosferice de pe bazinul hidrografic al unui curs de apă şi debitele lui, se dau formulele empirice cele mai folosite pentru determinarea debitului emisarului unui bazin hidrografic.

Se arată apoi influenţa vegetaţiei asupra regimului cursului de apă, importanţa studiului hidrografic al bazinelor de

alimentare a cursurilor de apă naturale, studiu care permite stabilirea precisă a debitului Q cu care trebue să funcţioneze uzina şi influenţa lacurilor şi a mlaştinilor asupra regimului cursurilor de apă. Se descriu apoi metodele folosite pentru studierea unui curs de apă natural (metoda directă, metoda prin interpolare şi metoda prin comparaţie).

In continuare se arată importanţa rezervelor de acumulare pentru regularizarea debitului unui curs de apă natural şi însfârşit mijloacele folosite pentru determinarea capacităţii şi înălţimii de acumulare a unui baraj-rezervor.

In capitolul IV se descriu barajele. După ce se arată importanţa barajelor şi se face slasificarea lor, se descriu tipurile de baraje mai des folosite (baraje din lemn, de pământ, din zidărie de piatră uscată, de beton, baraje-deversoare, etc.). Se arată apoi construcţia barajelor-deversoare cu caracter definitiv şi calculul lor, calcule hidrotehnice privind barajele-deversoare şi barajele -rezervoare şi însfârşit folosirea barajelor pentru alte scopuri în afara celor energetice.

Capitolul V este consacrat dispozitivelor accesorii absolut necesare oricărui fel de baraj. Se descriu aici dispozitivele pentru evacuarea debitelor viiturilor extraordinare şi catastrofale, amortizoarele de energie hidraulică, prizele de apă, conductele de descărcare pe la fundul rezervorului de reţinere, ecluzele şi ascensoarele pentru navigaţie, etc.

Insfârşit se amintesc unele accidente întâmplate la barajele de zidărie şi se analizează cauzele care au provocat aceste accidente.

Capitolul VI tratează despre aducţia apei la uzină.

Transportul apei dela priză şi până la uzină se poate face prin canale deschise, galerii sau conducte şi aici se dă un exemplu pentru dimensionarea unei galerii care serveşte pentru derivaţia unui debit Q dintr'un curs de apă natural. Urmează descrierea şi calculul castelului de apă, a camerei vanelor şi a conductelor forţate.

In capitolul VII se descrie centrala hidraulică şi modul cum se determină înălţimea de cădere folosită realmente de turbine, sau căderea netă. Apoi se face clasificarea uzinelor hidraulice şi se arată modul în care se face utilarea lor cu motoare hidraulice după debit şi cădere, determinarea numărului de turbine necesare pentru echiparea unei uzini hidraulice şi încercările la care se supun turbinele hidraulice.

In capitolul VIII se descriu uzinele termice de ajutor, iar în cel următor calculul costului uzinelor hidraulice

Ultimul capitol tratează despre perspectivele de desvoltare a folosirii energiei hidraulice.

Lucrarea se încheie cu câteva tabele şi o bibliografie pentru cei care vor să aprofundeze problemele expuse în carte.

Ing. L. B.

REVISTA REVISTELOR

ELECTRICESTVO

(Electricitatea)

Nr. 12 :Decembrie 1952

Glazunov A. A. Besmertnîi şi alţii : Principiile de bază pentru alcătuirea schemelor reţelelor electrice urbane. *Aizenberg B. L.* : Alegerea metodelor de calcul a reţelelor electrice urbane. *Petrov G. N.* şi *Ocuni S. S.* : Transformatori de curent cu compensarea erorilor prin metoda Institutului de Energetică din Moscova (M.E.I.). *Barschii S. Z.* : Magnetizarea longitudinal-transversală şi manifestarea ei în maşinile electrice. *Jirov L. G.* : Calculul rezistenţelor de demaraj la motoarele maşinilor miniere de extracţie. *Posse A. V.* : Redresor monofazic în cascadă cu tuburi ionice, pentru alimentarea motoarelor de tracţiune. *Samodelchin V. B.* : Despre calculul tensiunii restabilite la supapele ionice montate în punte trifazică. *Sincov V. M.* şi *Emelianov A. V.* : Tensiunea redresată în cazul scurt-circuitelor hipolare la circuitul de alimentare al schemei Larionov. *Renne V. I.* : Caracteristicele specifice ale condensatorilor electrici. *Gonciarschii L. A.* : Metodă de determinare a proprietăţilor magnetice ale cadrelor galvanometrelor electromagnetice.

Din experienţa muncii

Dascenco I. T. şi *Tapulin P. I.* : Din experienţa reţelelor electrice buclate urbane. *Lucanina N. D* şi *Siberle L. M.* : Compararea tehnico-economică a două scheme pentru o reţea electrică urbană.

Din istoria electrotehnicii

Golubţova V. A. : Problemele izolaţiei electrice în lucrările savanţilor ruşi.

Standarde şi norme

Plis G. S. : Noi standarde referitoare la maşini electrice.

Discuţii

Gorenştein M. D. : Referitor la articolul lui E. S. Iohvidov şi G. V. Serbinovschii „Despre schemele reţelelor electrice în legătură cu construcţia clădirilor cu mai multe etaje.

Staroscolschii N. A. : Referitor la articolul lui V. N. Popeliaş „Sistem de alimentare cu trei conductori a troleybuselor".

Note şi scrisori

Iumatov A. A. : Despre reprezentarea axelor de coordonate. *Gruzov L. N.* : Referitor la articolul lui N. G. Maximovici „Despre teoria transformării schemelor a lui G. Kron".

Răsfoind revistele tehnice

Noi aparate de mecanisme electrificate. Un excavator păşitor sovietic. Răcirea prin evaporare a transformatorilor.

Cronica

Sesiunea Ştiinţifică a Institutului Industrial din Azerbaidjan „Azizbecov". *Satelen M. A., M. P. Costenco* şi alţii : Profesorul V. A. Tolvinschii. Necrolog. *Ermolin N. P., Alexeev A. E.* şi alţii : Profesorul V. T. Casianov. Necrolog.

Bibliografie

Gheiler L. B. : Cartea lui S. A. Volotcovschii, A. E. Trop, A. T. Blajochin şi M. Iu. Şuhatovici „Principiile acţionării electrice şi ale automatizării", Ugletchizdat, 371 pag. Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicii şi a electroenergeticii.

ELECTRICESCHIE STANTII

(Centrale electrice)

Nr. 12/Decembrie 1952

Jimerin D. G. : Problemele importante ale energeticienilor sovietici. *Gutman B. L.* : Cantitatea de bile optimă pentru morile cu tambur. *Sapchin I. F.* şi *Cuznefov N. I.* : Prelevarea de probe de şlam pentru analize. *Poliacova V. P.* şi *P. I Uhin* : Despre standardizarea schemelor de prelevare şi separare a probelor de cărbune în centralele electrice. *Lebedei M. I.* : Despre sistemul de conturi ale centralelor electri cu întreprinderile care livrează turba. *Vlasov P. V.* : Alimentarea automată cu păcură a focarului când flacăra de cărbune pulverizat se stinge. *Grabovschii Ia. M.* : Diagrama de frecvenţă pentru turbinele cu abur. *Vişneveţchii G. D.* : Calculul de rezistenţă a tuburilor, armate central, de beton spongios armat pentru conducte neintroduse în canale. *Nichitischii V. N.* şi *A. D. Sleifman* : Dispozitiv selectiv de descărcare automată în caz de avarie a sistemelor energetice în funcţie de viteza medie de variaţie a frecvenţei. *Gurevici V. N.* : Punerea la punct a funcţionării întrerupătorilor în aer. *Zvezdchin V. N.* : şi *Nadelson P. G.* : Despre măsura curenţilor de scurgere în transformatori. *Condrus A. P.* : Releu de turaţie cu mercur. *Pecler N. S.* : Utilizarea prizelor de tensiune prin antenă pentru circuitele reanclanşării automate. *Voscresenschii A. A.* şi *Corelov T. I.* Câteva particularităţi ale schemei reanclanşării automate cu releu ЭВ. II

Schimb de experienţă în domeniul construcţiei şi montajului

Lopatin B. V.: Suspendarea conductelor tubulare la construcţiile din beton armat. *Jermunschii B. I.* şi *Moghilevschii I. I.*: Macara universală de montaj cu braţ având o forţă portantă de 25 t. *Ghinzburg — Sic L. D.*: Teuri egale sudate pentru conducte de înaltă presiune. *Popov F. S.*: Despre înălţarea fundamentelor pentru transformatori.

Schimb de experienţă în domeniul exploatării

Prjialcovschii M. M.: Modificarea mănunchiului de ţevi ale ecranului posterior al cazanelor ТЛ —1 şi ЛК—6. *Bârca I. F.*: Un caz de renunţare la alcalinizarea apei de alimentare. *Bogoslovschii P. N.*: Funcţionarea drenajelor cu fante din viniplast ale filtrelor cu cantionit. *Mironov E. P.*: Vibraţiile „flamură" ale paletelor unei turbine cu Abur. *Dubovițchii A. C.*: Funcţionarea protecţiei transversale a generatorilor în cazul unei duble puneri la pământ a înfăşurării rotorului. *Liuliaev V. C.* şi *Tigher P. M.*: Reglarea automată a curentului prin statorul compensatorilor sincroni. *Evscev V. I.*: Deteriorarea unui izolator de tip CO—35. *Lapanaşvili V. G.* şi *Elehin S. R.*: Practica localizării defectului în armătura excitatoarei.

Cronica

In Direcţia Tehnică a Ministerului

Despre preîntâmpinarea decuplării turbo-agregatelor şi a deconectării automate a consumatorilor. Despre prevenirea avariilor cauzate de o cuplare la nesincronă. Despre utilizarea metodei de autosincronizare a generatorilor şi compensatorilor sincroni. Despre utilizarea piritei cu antiseptic.

Critică şi bibliografie

Zeilidzon E. D. şi *Genobrobov N. V.*: Recenzia cărţii lui A. M. Fedoseev: Protecţia prin relee a sistemelor electrice", Gosenergoizdat, 1952, 480 pag. *Melnicov N. A.*: Recenzia cărţii lui S. A. Ulianov: „Scurtcircuitele în sistemele electrice", Gosenergoizdat, 1952, 280 pag. Sumarul revistei „Electriceschie Stanţii" din anul 1952.

ENERGHETICESCHII BIULLETEN

(Buletinul energetic)

Nr. 12/Decembrie 1952

Covliasenco N. N.: Utilizarea surselor naturale de frig pentru ridicarea productivităţii compresoarelor. *Şapchin I. P.*: Experienţa utilizării fosfaţilor şi silicaţilor pentru corectarea epurării apei. *Goloscov S. A.* şi *Comarov A. F.* Epurarea termică a apei după tratare a prealabilă cu cationiţi. *Matienco A. S.*: Încercările condensatorilor statici. *Boiarco E. A.* şi *Ciornâi I. A.*: Reparaţiile capitale ale elementelor de redresare ale unui agregat de redresori cu seleniu. *Gohstein D. P.*: Referitor la problema ciclurilor aburului supraîncălzit. *Cazac N. A., Lavrentiev L. N.*: Din practica construirii unei linii aeriene de 110 kV peste un teren alunecător. *Burdâghin I. I.*: Raţiunea economică a condensării aburului de emisie a pompelor cu piston şi a pompelor acţionate de turbine în instalaţiile rafinăriilor de petrol. Lista alfabetică a articolelor apărute în revista „Energheticeschii Biulleten" în anul 1952.

PROMASLENISTI ENERGETICA

(Energetica Industrială)

Nr. 12/1952

Regimul de economii — cea mai importantă pârghie în ridicarea continuă a economiei noastre naţionale.

Economia de energie

Moisevici S. I.: Consumul de energie electrică pentru nevoile proprii ale staţiunii de suflarea aerului pe cale electrică dela o uzină metalurgică. *Ionuţevici F. P.*: Transformarea schemei de conectare preîncălzitorilor de condensat la turbina A.P.T.

Exploatarea energiei

Dzevenţki A. I.: Influenţa variaţiei de tensiune asupra puterii active şi reactive a consumatorilor. *Smirnov G. N.*: Frânarea centrifugelor. *Efremov V. C.* şi *M. M. Haeş.* Protecţia împotriva curenţilor de scurt circuit la reţelele electrice subterane de tensiune joasă.

Proiectarea şi montarea instalaţiilor electrice

Listvin V. C. şi *C. A. Parfenov*: Repartiţia condensatorilor într'o reţea electrică. *Blane F. F.*: Câteva probleme în legătură cu aprovizionarea cu energie electrică a construcţiilor mari şi mijlocii.

Discuţii

Pavlov. N. M.: Câteva neajunsuri ale substaţiilor de transformatoare tip fără întrerupătoare cu ulei pentru tensiunile de 3...6...10 kW.

Scrisori către redacţie

In legătură cu articolul M. S. Trifel şi R. N. Evghibarova „Problema punerii la pământ a reazemilor metalici ale liniilor aeriene din industria petrolului cu tensiune până la 1 kV (Energetica Industrială Nr. 3/1952). *L. M. Vilciur M. R. Naifeld*. . . . . .

Cronica

Hotărîrea Nr. 23 E a Direcţiunii Tehnice de pe lângă Ministerul Uzinelor Electrice şi a Centralei energiei electrice rurale de pe lângă Ministerul Agriculturii din U.R.S.S.

Planul tematic a Revistei „Energetica Industrială pe anul 1953.

Articolele publicate în Revista „Energetica Industrială" pe anul 1952.

Ghidul inginerului energetic în fabrici

Electrotehnica: Reactorii trifazici de pornire cu răcire naturală cu ulei, seria P.R.T.M. a fabricii Ministerului de Industrie Electrică.

Termotehnica: Aparate pentru schimbul de căldură (continuare).

AU APĂRUT IN

EDITURA ENERGETICA DE STAT

N. A. Semenenco: **„Resurse energetice secundare în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 216 pag. . . 11,60 lei

V. N. Pocrovschi: **„Alimentarea cu apă a centralelor electrice"**, (traducere din limba rusă) — 244 pag. . . . . 15,— „

P. A. Dolin: **„Repararea transformatorilor"**, (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 10,95 „

N. Gheorghiu şi P. Militaru: **„Iluminatul electric"**, 416 pag. 18,20 „

L. V. Litvac: **„Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale"**, (traducere din limba rusă) — 120 pag. . . . . 7,80 „

M. I. Kusneţov: **„Electrotehnica"**, (traducere din limba rusă) 512 pag. . . . . 15,60 „

M. S. Riabov: **Partea electrică a instalaţiilor de iluminat"**, (traducere din limba rusă) — 232 pag. . . . . 13,50 „

. * . **„Instalaţii hidraulice de forţă"** — 328 pag. 19,10 „

N. G. Drozdov: **„Electricitatea statică în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 160 pag. . . . . 9,45 „

. * . **„Agenda electricianului"**, 1953 (legată în pânză) 8 „

C. D. Voscresenschi: **„Culegere de probleme de transmiterea căldurii"**, (traducere din limba rusă) — 204 pag. 11 „

E. I. Ioganson: **„Utilizarea energiei râurilor"**, (trad. din limba rusă) 64 pag . . . . . 1,60 „

G. S. Bobrovschi: **„Călăuza fochistului dela instalaţiile industriale de cazane"**, (traducere din limba rusă) — 136 pag. 7,40 „

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil impersonal, clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înțelegerii textului. Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon (instituție sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

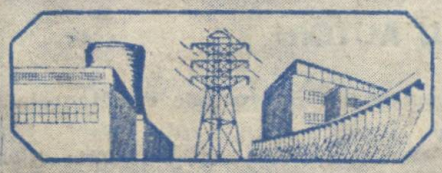
ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 100 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

COLECȚIA ENERGETICĂ



N. L. BUTENCO

CĂLĂUZA LĂCĂTUȘULUI LA MONTAREA SUPRAFEȚELOR DE ÎNCĂLZIRE ALE CAZANELOR CU ABUR

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

A. N. SEREDA

REPARAȚIILE RAPIDE ȘI MĂRIREA SIGURANȚEI ÎN EXPLOATAREA CENTRALELOR TERMOELECTRICE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

V. A. ORLOV

APARATE AUTOMATE PENTRU ANALIZA GAZELOR LA CENTRALELE ELECTRICE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

COLECȚIA ENERGETICĂ

G. S. BOBROVSCHI

CĂLĂUZA FOCHIȘTULUI DELA INSTALAȚIILE INDUSTRIALE DE CAZANE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

2039

KAT

2936

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
ORMEIU - CHERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Gyulagos Múzeum
Könyvtár
TULAJDONA

3

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Martie 1953 ★ Nr. 3 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

SUMARUL

Pag.

* * * Avântul energeticii în Cincinalele Staliniste 3

TERMOENERGETICA

Ing. Ştefan Gheorghiu: Termoficarea industrială . 6

Ing. L. Stanisavlievici: Depunerl de săruri în turbinele cu abur 16

ELECTROENERGETICA

Ing. H. Albert: Aprecierea puterii maxime pentru racordurile introduse pe linii de înaltă tensiune 18

PROBLEME TEHNICO-ECONOMICE

Prof. dr. ing. G. Petrescu: Aspectele tehnico-economice ale problemei factorului de putere . . . 22

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

Ing. S. N. Nicogosov: Principiile de amenajare a reţelelor electrice subterane de medie tensiune 30

C. N. Culi-Zade şi M. M. Djafarova: Compensarea pierderilor de tensiune în liniile electrice de transport, cu ajutorul condensatorilor legaţi în serie . 34

DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.

* * * Planul de muncă pe 1953, al Secţiei Electricitate A. S. I. T. în sectorul energetic 37

CRONICA

RECENZII 38

REVISTA REVISTELOR 40

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Размах энергетики сталинских пятилеток 3

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

С. Георгиу: Промышленная теплофикация . . . 6

Л. Станисавлиевичь: Солеотложения в паровых турбинах 16

ЕЛЕКТОЭНЕРГЕТИКА

Х. Альберт: Оценка максимальной мощности высоковольтных вводов 18

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Г. Петреску: Причины и последствия снижения коэфициента мощности 22

ИЗ ОПЫТА СССР

С. Н. Никогосов: О принципах построения городских кабельных сетей среднего напряжения . . 30

К. Н. Кули-Зоде, М. М. Джафарова: Компенсация потерь напряжения в электропередаточных линиях при помощи последовательно-соединенных конденсаторов 34

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.

Энергетический план работы на 1953 г. электрического отдела А.С.И.Т. (научное общество инжинеров техников) 37

ХРОНИКА

РЕЦЕНЗИИ 38

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ 40

REDACȚIA: București, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730—35728

AVÂNTUL ENERGETICII IN CINCINALELE STALINISTE

Desvoltând în mod genial învățătura leninistă despre electrificare și valorificarea isvoarelor de energie, Marele Stalin a făurit energetica sovietică modernă, cea mai înaintată din lume.

Incepând cu înfăptuirile planului GOELRO (1920), trecând prin realizările din măreţele cincinale, ce vor rămâne în istorie sub numele de Cincinalele Staliniste și până la directivele Congresului al XIX-lea al P.C.U.S., (1952), întreaga energetică sovietică poartă amprenta concepției geniului lui Stalin.

Planul GOELRO, primul plan economic unic, care a trasat un program de formare și desvoltare a nouei economii socialiste în tânărul Stat Sovietic, pe baza tehnicei celei mai noui și mai înaintate, pe baza electrificării, a fost prima etapă a construcțiilor energetice sovietice. El a fost adus la îndeplinire astfel încât în anul 1931 a fost cu mult depășit.

Marele Stalin aprecia planul GOELRO ca fiind . . .„o schiță măiastră a unui plan economic cu adevărat unitar și cu adevărat de Stat, . . .unica încercare marxistă din epoca noastră de a da suprastructurii sovietice a Rusiei, înapoiată din punctul de vedere economic, o bază tehnică de producție într'adevăr reală și singura posibilă . . .” în condițiile de atunci.

Stalin a definit însemnătatea istorică a planului GOELRO și a indicat etapele principale ale marilor lucrări ulterioare.

In Octombrie 1928, Stalin spunea că . . .„afară de posibilitățile restaurării capitalismului, există la noi și posibilitatea isbânzii socialismului, căci noi putem smulge rădăcinele capitalismului și putem obține biruința definitivă dacă vom așeza industria și transporturile pe baza tehnică a marei industrii moderne . . .”.

Sub inspirația și conducerea lui Stalin, genial continuator al operei lui Lenin, au fost concepute și realizate cele mai mari și mai complexe lucrări energetice în Uniunea Sovietică: Centrale termoelectrice și hidroelectrice, rețele vaste de transport de energie, sisteme de canale navigabile, folosirea energiei eoliene; prin amploarea și complexitatea lor, ele reprezintă adevărate lucrări de transformare a naturii pe vaste regiuni. Prin proporțiile, soluțiile și mijloacele tehnice de realizare, ele au deschis o epocă nouă pentru știință și tehnică, pentru energetică, epoca marilor construcții staliniste ale comunismului.

Potrivit directivelor Congresului al XIX-lea al P.C.U.S., pentru a corespunde în al 5-lea Cincinal Stalinist nivelului de desvoltare a economiei naționale sovietice, producția energiei electrice urmează să fie în anul 1955 cu 80% mai mare decât în 1950, adică să se treacă dela o producție de 90 miliarde kWh în 1950 și 104 miliarde kWh în 1951, la 162 miliarde kWh în 1955, producție de peste trei ori mai mare decât cea din 1940.

Numai într'un singur an, în 1951, puterea totală a centralelor electrice și a noilor grupuri date în exploatare, a ajuns aproape la 3 milioane kW.

Directivele Congresului XIX-lea oglindesc atenția deosebită pe care P.C.U.S. și Guvernul Sovietic o acordă folosirii apelor ca isvor de energie. După Marele Război al U.R.S.S. pentru Apărarea Patriei, Stalin a pus problema ridicării importanței și rolului centralelor hidroelectrice în sistemul energetic al Uniunii Sovietice. In adevăr, în 1950, această categorie de centrale electrice a produs de 2,5 ori mai multă energie electrică decât în 1940, iar greutatea lor specifică a atins 18,3%.

Marile construcții ale comunismului deschid un capitol nou în dinamica victorioasă a energeticii sovietice. Geniala realizare a puternicelor sisteme complexe de folosire a apelor, atât pentru energetică cât și pentru navigație, irigație, alimentare cu apă, piscicultură, împădurire, constitue un instrument important pentru rezolvarea marilor probleme ale economiei naționale și pentru imprimarea unui ritm accelerat desvoltării energeticii, asigurându-se o creștere rapidă a forțelor de producție și ridicând tehnica la un nivel înalt, caracteristic societății comuniste.

Nicio țară din lume nu a cunoscut o creștere atât de rapidă a alimentării cu energie electrică ca Uniunea Sovietică. Plecând dela 0,5 miliarde kWh, produse în 1920 de către centralele electrice ale Țării Sovietelor, se va ajunge în 1955 prin producția marilor centrale, ce se construesc la Kuibâșev, Gorki, Mingheceaur, Ust-Kamenogorsc, și altele, la o producție globală de energie electrică de 162 miliarde kWh.

Incepând dela hidrocentralele Volhov, Svir, Dnieproghes, sistemele de canale și hidrocentrale cunoscute în energetica sovietică sub denumirea cuprinzătoare „Volga cea Mare”, canalul Stalin care leagă Marea Albă de Marea Baltică, energe-

tica sovietică s'a desvoltat în epoca stalinistă într'un ritm furtunos.

Marile construcții staliniste ale comunismului, dintre cari Canalul navigabil Volga-Don „V. I. Lenin", a fost pus în funcțiune în 1952, sunt o încununare a drumului glorios străbătut de energetica sovietică dela Planul GOELRO și până în prezent.

Dar Uniunea Sovietică nu s'a limitat, în cursul ultimelor trei decenii, numai la folosirea din ce în ce mai complexă a apelor ci și-a extins preocupările și la valorificarea atât termochimică, cât și termoenergetică a combustibililor. Folosirea combustibililor inferiori locali și a deșeurilor de cărbune pentru producerea de energie electrică, valorificarea turbei, cu ajutorul căreia se produce astăzi 20% din energia electrică totală a U.R.S.S., se oglindesc și în directivele Congresului al XIX-lea, care prevăd o deosebită desvoltare a termoenergeticei sovietice.

Pentru o amplă alimentare cu energie electrică a Sudului, Uralului și a bazinului Kuzneț, vor fi, în primul rând extinse centralele termoelectrice actuale raionale și industriale și se vor construi și centrale termoelectrice noi precum și rețele termice, aceasta pentru a se putea înfăptui termoficarea orașelor și întreprinderilor industriale pe scară întinsă.

Termoficarea, folosirea energetică complexă a combustibililor sub formă de energie electrică și termică, ridică randamentul uiilizării combustibilului la 60—70%, față de 30%, cât este în cele mai bune centrale termoelectrice de condensație.

Concepția energetică stalinistă a biruit. Roadele ei se vădesc prin faptul că în Uniunea Sovietică nivelul de viață este din ce în ce mai ridicat, așa cum cere legea fundamentală a socialismului, descoperită de genialul Stalin: „asigurarea satisfacerii maximale a nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale întregei societăți prin creșterea și perfecționarea neîntreruptă a producției socialiste, pe baza tehnicei celei mai înalte".

* * *

Concepția energetică stalinistă stă la baza construirii socialismului în țara noastră ca și în celelalte țări de democrație populară. In acest domeniu ca și în toate celelalte, experiența sovietică este o formă eficace de ajutor pe care-l primim din partea U.R.S.S.

Vorbind despre însemnătatea excepțională a învățăturii staliniste cuprinsă în lucrarea „Problemele economice ale socialismului în U.R.S.S.", tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej arată că ...„este cu neputință să lupți pentru victoria socialismului fără o profundă însușire a tot ceeace a adus tovarășul Stalin în știința marxistă cu privire la legile și căile de desvoltare socială. Pentru Partidul nostru, ca și pentru toate partidele comuniste și muncitorești din țările de democrație populară, este cu neputință să abordeze și să rezolve în mod just vreo problemă a construirii economiei socialiste fără o adâncă studiere a genialelor idei și teze noi cu care a îmbogățit tovarășul Stalin economia politică marxist-leninistă"[1]).

„Uniunea Sovietică, arată mai departe tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej, dă poporului român un ajutor cu adevărat frățesc, socialist. El are nu numai o uriașă însemnătate în construirea bazei materiale tehnice a socialismului, ci și un profund și bogat conținut politico-moral. Insușirea experienței sovietice întărește încrederea poporului român în propriile sale forțe, sădește în conștiința muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor români o uriașă încredere în capacitățile lor creatoare și contribue la înflorirea culturii, artei și științei în țara noastră".

Mărturia concretă a ajutorului sovietic în energetica noastră este termocentrala Ovidiu II, cea mai modernă din țară, construită cu ajutorul Uniunii Sovietice în toate domeniile: proiecte, mașini, materiale, tehnicieni, etc. Hidrocentrala dela Moroieni este înzestrată deasemenea cu mașini sovietice. Pe marile șantiere ale hidrocentralei „V. I. Lenin" dela Bicaz, și ale Canalului Dunăre-Marea Neagră, mașinile și agregatele sovietice dau muncii un ritm accelerat și o productivitate neasemuită. Industria noastră producătoare de mașini în general și cea de mașini electrice, îndeosebi, s'a desvoltat în ritm vertiginos cu ajutorul sovietic.

Acest ajutor multilateral poartă caracteristica concepției staliniste.

Învățătura Marelui Stalin a avut și are o influență covârșitoare asupra desvoltării tehnicei și științei din țara noastră: Construirea socialismului pune mereu în fața oamenilor noștri de știință și tehnică sarcini grandioase: electrificarea țării, construirea canalului Dunăre-Marea Neagră, uzine și fabrici noi, reconstrucția orașelor, ridicarea regiunilor odinioară înapoiate, construirea metroului din București, transformarea socialistă a agriculturii, etc.

Niciodată nu s'au pus în fața științei și tehnicei noastre probleme atât de complexe; ele pot fi rezolvate astăzi datorită ajutorului prețios și neprecupețit al Uniunii Sovietice.

Sintetizând experiența rodnicei colaborări între Uniunea Sovietică și țările de democrație populară, Marele Stalin a arătat în geniala sa lucrare „Problemele economice ale Socialismului în U.R.S.S.", că în perioada de după război, Uniunea Sovietică, China și democrațiile populare, au realizat din punct de vedere economic o legătură foarte strânsă între ele, precum și o rodnică colaborare economică și de ajutor reciproc. „Experiența acestei colaborări arată că nicio țară capitalistă n'ar fi putut să acorde țărilor de democrație populară un ajutor atât de efectiv și tehnicește calificat ca acela pe care li-l acordă Uniunea Sovietică. Important este nu numai faptul că ajutorul acesta este cât se poate de ieftin și este de prim rang din punct de vedere tehnic. Important este înainte de toate faptul că la baza acestei

[1]) *Gh. Gheorghiu-Dej*: „Intărirea continuă a regimului democrat popular în Republica Populară Română" — Editura pentru literatură politică, 1952.

colaborări stă dorința sinceră de a se ajuta reciproc și de a obține un avânt economic general. Drept urmare avem ritmul rapid de desvoltare a industriei în aceste țări. Se poate spune cu certitudine că, în condițiile acestui ritm de desvoltare a industriei, se va ajunge în curând la situația că aceste țări nu numai că nu vor avea nevoie să importe mărfuri din țările capitaliste, dar vor simți ele însile nevoia de a desface în alte părți mărfurile excedentare din producția proprie".

Cuvintele Marelui Stalin, făuritorul unității frățești indestructibile a popoarelor libere sunt confirmate strălucit și de avântul general al economiei în toate țările de democrație populară, iar concluzia sa clarvăzătoare privind desvoltarea industriei este verificată de vânzările pentru export, făcute de țările de democrație populară.

Numai măreața idee a internaționalismului proletar, al cărui exemplu neasemuit l-au dat Lenin și Stalin mișcării revoluționare și pe care îl promovează permanent Uniunea Sovietică în politica ei internațională și în relațiile ei cu țările frățești, a creat posibilitatea unor asemenea relații internaționale de tip nou.

Caracterul acestor relații dintre popoarele libere și rolul lor în apărarea păcii au fost definite de tovarășul Malencov în Raportul său la Congresul al XIX-lea al P.C.U.S., în modul următor: „In înfăptuirea politicii sale de pace, Uniunea Sovietică se află în deplin acord cu celelalte state democratice, iubitoare de pace: Republica Populară Chineză, Polonia, România, Cehoslovacia, Ungaria, Bulgaria, Albania, Republica Democrată Germană, Republica Democrată Populară Coreeană, Republica Populară Mongolă. Relațiile dintre U.R.S.S. și aceste țări constitue un exemplu de relații cu totul noui între state, nemaiîntâlnite în istorie. Ele sunt clădite pe principiile egalității în drepturi, colaborării economice și respectării independenței naționale. Credincioasă tratatelor de asistență mutuală, U.R.S.S. acordă și va continua să acorde ajutor și sprijin în opera de întărire și desvoltare continuă a acestor țări".

Desvoltarea continuă a țării noastre cum și a celorlalte țări de democrație populară, se vădește astfel ca fiind datorită într'o imensă măsură concepțiilor staliniste despre relațiile dintre țările libere care construesc socialismul și comunismul.

* * *

In conștiința oamenilor muncii din țara noastră se întărește mereu credința că fiecare victorie a noastră pe calea construirii socialismului este indisolubil legată de ajutorul Uniunii Sovietice, de ajutorul pe care l-a dat țării noastre Marele Stalin. Invățătura genială a lui Stalin, opera istorică de neîntrecut a vieții sale, este pentru constructorii socialismului din Patria noastră o comoară de neprețuit. Ca și întreaga operă stalinistă, învățătura lui despre electrificare, precum și despre energetică în general, învățătură legată tot timpul de practică, este o călăuză sigură în drumul spre construirea socialismului și comunismului.

La funerariile tovarășului Stalin, tovarășul Malencov, președintele Consiliului de Miniștri al U.R.S.S. a spus: „Tovarășul Stalin, Marele gânditor al epocii noastre, a desvoltat în mod creator în noile condiții istorice, învățătura marxism-leninismului. Numele lui Stalin stă, pe bună dreptate, alături de numele celor mai mari oameni din întreaga istorie a omenirii: Marx, Engels, Lenin".

„Partidul nostru urmează măreața învățătură a marxism-leninismului, care dă Partidului și poporului o forță de neînvins, priceperea de a deschide căi noi în istorie".

Știința și tehnica progresistă au pierdut în tovarășul Stalin pe cel mai mare om de știință al epocii noastre, pe gânditorul care a îmbinat armonios și desăvârșit geniul politic revoluționar cu profunda gândire științifică.

LEFORDITVA 498u 1/54

TERMOFICAREA INDUSTRIALĂ

Prof. Ing. ŞTEFAN GHEORGHIU
Laureat al Premiului de Stat

In articolul de faţă se subliniază unele laturi ale problemei termoficării industriale. După fundamentarea teoretică a problemei, se dau indicaţii generale asupra diferiţilor indici din termoficarea industrială. Pe baza principiilor enunţate, sunt analizaţi diferiţii consumatori de energie electrică şi energie termică.

Intr'un articol precedent *) s'a arătat cum se situează producerea combinată de energie electrică şi căldură în problema energetica generală, care sunt avantajele termoficării în general şi s'au arătat, în cadrul termoficării de joasă temperatură, unele împrejurări, care diferenţiază termoficarea industrială de cea urbană.

In cele ce urmează, se va încerca a se contura anumite aspecte ale problemei termoficării industriale.

Luarea în considerare numai a economiei de combustibil ar cere ca orice cantitate de căldură care este folosită sub această formă la temperatură joasă, să fie obţinută dintr'o cantitate de abur, care printr'o destindere prealabilă într'un grup turbină-generator, să producă o cantitate de energie electrică.

Considerente economice nu permit însă aplicarea acestui principiu în mod general, ci o limitează numai la acele cazuri, la care cheltuelile de investiţie şi cheltuelile anuale care rezultă, nu constitue soluţiuni mai scumpe decât producerea separată de căldură şi de energie electrică.

1. Elementele care caracterizează consumul de căldură industrială şi de energie electrică

a) *Scopurile* pentru care se întrebuinţează în industrie căldura la temperatură joasă, sunt următoarele:

— In felurite procese de fabricaţie şi anume la operaţii de încălzire a materiei tratate, la fierbere, evaporare, distilare, uscare. Consumul corespunzător de căldură, respectiv de abur, se numeşte consum tehnologic de căldură sau de abur.

— La încălzirea şi ventilaţia sălilor fabricii, inclusiv a încăperilor administrative.

— La încălzirea locuinţelor muncitoreşti aferente industriei respective.

Raportul cantitativ între aceste trei feluri de consumuri de căldură nu este fix, ci variază după natura industriei şi în limite foarte largi, fiind determinat de consumul specific de căldură tehnologică, de volumul specific clădit al industriei şi de numărul specific al muncitorilor, inclusiv membrii de familie, care locuiesc în locuinţele muncitoreşti. Dar chiar pentru o aceeaşi industrie aceste trei mărimi specifice (raportate la unitatea de produs sau de materie primă) depind într'o măsură însemnată de procedeul întrebuinţat.

b) *Temperatura* cu care se foloseşte căldura în industrie, la aparatul consumator este, în raport cu scopul întrebuinţării, următoarea:

— Pentru scopuri tehnologice în general, dela 110°C . . .170°C după natura procesului. In unele procese este nevoie de temperaturi foarte joase, de exemplu 40°C (încălziri în industria textilă), în timp ce pentru anumite industrii sau secţiuni industriale este nevoe de temperaturi până la 250°C (acizi graşi, săpun, uscatul mătăsii artificiale, emailatul metalelor, etc. Presiunea de saturaţie a aburului este deci în general, la locul de consumaţie, de 1,4 . . .8 ata.

— Pentru încălzitul încăperilor fabricei ca şi a locuinţelor muncitoreşti, în general dela circa 95°C . . .130°C. Dacă ţinem seama că, pentru acoperirea consumului de vârf în zilele friguroase, se poate face preîncălzirea în două etape, preîncălzitorul de vârf consumând un abur de presiune mai ridicată, în timp ce în zilele de iarnă normale, încălzirea se face cu preîncălzitorul de bază, se poate socoti că presiunea sub care se consumă căldura pentru încălzitul încăperilor şi a locuinţelor fabricii este de 1,2 . . 2,5 ata.

c) *Durata* utilizării consumului maxim de căldură este în raport cu scopul în care se foloseşte:

— Pentru scopuri tehnologice, 5000 . . .8000 ore anual pentru industriile care funcţionează întregul an şi 2500 . . .3500 ore anual pentru industriile sezoniere.

— Pentru încălzitul încăperilor fabricii şi a locuinţelor muncitoreşti, circa 2000 ore anual.

d) *Securitatea* alimentării cu căldură tehnologică este un element care, pentru unele industrii, joacă un rol important în sensul că, pentru anumite procese industriale, alimentarea cu căldură nu poate fi întreruptă, întrucât aceasta ar avea ca urmare o distrugere a materiei în curs de fabricaţie sau chiar a unora din instalaţii.

e) *Alimentarea* cu energie electrică a unei industrii consumatoare de căldură prezintă în general caracterele generale ale alimentării cu energie electrică a oricărei industrii.

Energia electrică urmează în general variaţii în timp ale consumului asemănătoare cu cele ale căldurii folosită în scop tehnologic. Securitatea alimentării cu căldură tehnologică amintită are aceeaşi importanţă şi pentru alimentarea cu energie electrică a secţiei respective din industrie.

*. *I. D. Stăncescu*, **Termoficarea: Principii, domenii de aplicare, importanţa energetică şi economică.** *Energetica* Nr. 1—2, 1953.

2. Elementele care caracterizează o industrie din punctul de vedere al termoficării

In cele ce urmează, sunt folosite următoarele notări:

Q — cantitatea de căldură consumată de industrie, la joasă temperatură, 10^3 kcal;

E — cantitatea de energie electrică consumată de industrie, kWh;

E_T — cantitatea de energie electrică produsă prin termoficare de cantitatea de căldură Q, adică prin destinderea cantității corespunzătoare de abur într'o turbină funcționând în contrapresiune.

a) Raportul

$$z = \frac{Q}{E} \qquad (1)$$

se numește *indice de căldură* și reprezintă consumația specifică de căldură a fabricii, raportată la consumația de energie electrică a acesteia. Acest indice exprimă potențialul de termoficare a unei industrii în raport cu energia electrică pe care o consumă. Cu cât valoarea indicelui de căldură pentru o industrie este mai mare, cu atât sunt mai mari posibilitățile de termoficare ale acesteia. Variația acestui indice în raport cu diferitele feluri de industrii este extrem de mare, putând fi cuprins între valoarea 0, în cazul unei industrii care ar consuma numai energie electrică și valoarea teoretică ∞ în cazul unei industrii care ar consuma numai căldură. Indicele de căldură se exprimă în 10^3 kcal/kWh. El variază în timp, variația fiind caracteristică fiecărui fel de industrie.

b) Raportul

$$y = \frac{E_T}{Q} \qquad (2)$$

se numește *indice de termoficare* și reprezintă producția specifică de energie electrică prin termoficare, raportată la consumația de căldură a industriei. Acest indice depinde numai de parametrii aburului la intrare și la ieșire din partea de contrapresiune a turbinei, de randamentul acesteia și de conținutul de căldură a condensatului recuperat, deci caracterizează parametrii utilajului centralei de termoficare.

Dacă notăm cu: i_1, în kcal/kg entalpia aburului la intrare în turbină, cu $i_{2,0}$ la ieșire, în cazul destinderii adiabatice și cu i_2 în cazul destinderii reale, cu η_{td} randamentul termodinamic, η_m randamentul mecanic și η_g randamentul generatorului electric pentru o turbină de contrapresiune sau pentru partea de contrapresiune a unei turbine de condensație și priză, cu i_0 entalpia condensatului recuperat în kcal/kg și cu D_T în t, cantitatea de abur consumat, care străbate turbina între presiunile p_1 și p_2, se poate scrie:

$$E_T = \frac{D_T \cdot (i_1 - i_{2,0}) \cdot \eta_{td} \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{0{,}86} \text{ kWh}$$

$$Q = D_T \cdot (i_2 - i_0) \quad 10^3 \text{ kcal}$$

$$y = \frac{(i_1 - i_{2,0}) \cdot \eta_{td} \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{0{,}86\,(i_2 - i_0)} \text{ kWh}/10^3 \text{ kcal} \qquad (3)$$

Această formulă arată că indicele de termoficare y poate fi mărit prin:

— ridicarea parametrilor aburului la intrare p_1, t_1,

— coborîrea presiunii aburului la ieșire p_2

— ridicarea randamentului termodinamic η_{td}.

O creștere a entalpiei i_0 a condensatului recuperat mărește indicele de termoficare y dar scade în același raport indicele de căldură z.

Factorii η_m și η_g din formulă nu au variațiuni care să influențeze indicele într'o măsură însemnată.

Acest indice se exprimă în kWh/10^3 kcal. El este independent de timp, deci de variațiile în timp ale mărimilor E_T și Q.

In diagrama Nr. 1 s'a figurat variația indicelui de termoficare y în funcție de presiunea aburului la ieșire pentru 2 stări ale aburului la intrare și anume; 90 ata, 500°C și 35 ata, 435°C, pentru ipotezele: $\eta_{td} = 0{,}7$; $\eta_m \cdot \eta_g = 0{,}94$ și $\eta_0 = 100$ kcal/kg.

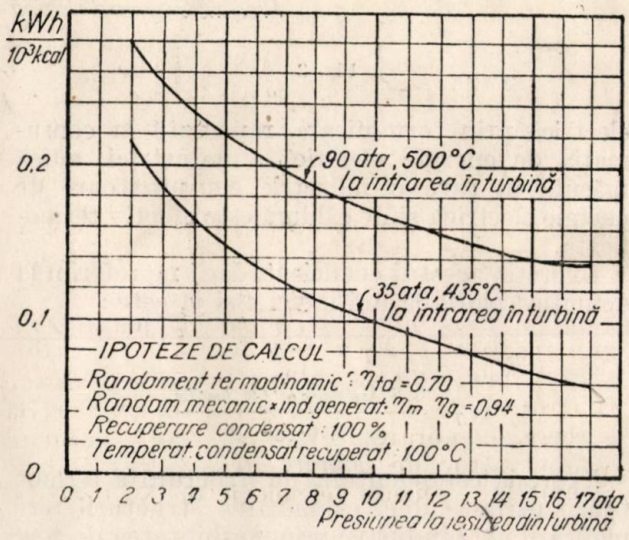


Fig. 1.

In diagrama Nr. 2 s'a figurat variația producției de energie electrică E_T în kWh, raportată la cantitatea de abur D_T care are o alură asemănătoare cu aceea a indicelui de termoficare y, expresia fiind;

$$\frac{E_T}{D_T} = \frac{E_T}{Q\,(i_2 - i_0)} = y \cdot (i_2 - i_0) \qquad (4)$$

Din aceste diagrame reiese că creșterea lui y și a raportului $\frac{E_T}{D_T}$ în raport cu parametrii aburului la intrare scade cu cât presiunea la eșire este mai mică.

Valoarea indicelui de termoficare y este cuprinsă, pentru valorile parametrilor aburului și caracteristicile utilajului în raport cu stadiul

actual al tehnicii, între 0,09 . . .0 35 kWh/10^3 kcal.

c) Raportul $X_T = \frac{E_T}{E}$ (5)

se numește *coeficient de structură a termoficării* și reprezintă producția specifică de energie

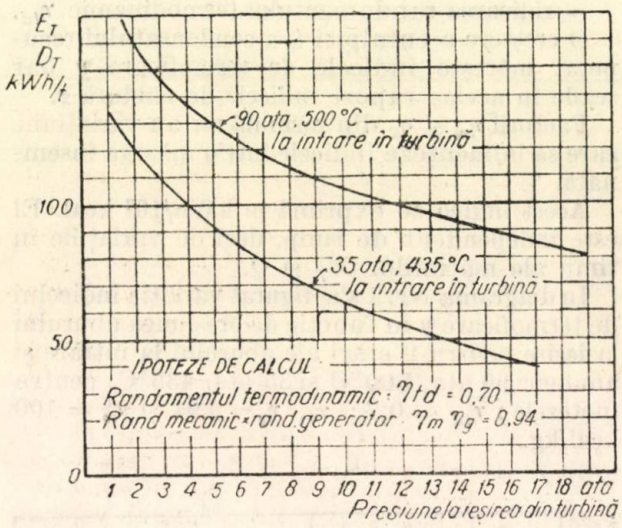


Fig. 2

electrică prin termoficare, raportată la consumația de energie electrică a industriei, adică măsura în care o industrie consumatoare de energie electrică și de căldură este efectiv termoficată.

Expresia acestui coeficient, dacă ne referim la definiția celorlalți doi indici z și y, este :

$$X_T = z \cdot y \qquad (6)$$

$$X_T = \frac{z \cdot (i_1 - i_{2,0}) \cdot \eta_{td} \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{0,86 \cdot (i_2 - i_0)} \qquad (7)$$

Expresia coeficientului de structură a termoficării permite deci examinarea structurii termoficării unei industrii prin posibilitatea de a se cerceta influența fiecăruia din cei doi indici z și y asupra rezultatului final al termoficării.

Prin urmare, coeficientul de structură X_T crește în raport direct cu :

— indicele de căldură z,
— parametrii aburului la intrare p_1, t_1,
— randamentul termodinamic η_{td} al turbinei și scade în raport invers cu presiunea aburului la ieșire.

Următoarele trei situațiuni caracteristice se pot ivi în raport cu coeficientul de structură X_T a unei industrii consumatoare de energie electrică și de căldură :

$E_T < E$ sau $X_T < 1$. Energia electrică produsă prin termoficare nu acoperă consumația de energie electrică a industriei. Energia electrică care lipsește poate fi acoperită din rețeaua electrică sau, dacă acest lucru nu este posibil, prin adăugarea unei părți de condensație în centrala de termoficare industrială.

$E_T > E$ sau $X_T > 1$. Energia electrică produsă prin termoficare întrece consumația de energie electrică a industriei. Excedentul de energie este furnizat rețelei. In caz că acest lucru nu e posibil, X_T trebue scăzut la valoarea maximă $X_T = 1$, prin micșorarea indicelui de termoficare y, scăzând parametrii aburului la intrare, sau prin micșorarea cantității de abur D_T, cantitatea de căldură Q rămânând aceeași adică trimițând la termoficare prin turbină numai o parte din căldură Q, iar restul fiind trimis direct la utilizare, după ce i se reduce presiunea printr'un reductor, eventual și temperatura.

$E_T = E$ sau $X_T = 1$. Există egalitate între energia electrică consumată și energia electrică produsă prin termoficare. In acest caz, din relația (6) se deduce :

$$z \cdot y = 1$$

Dacă însemnăm cu z' valoarea lui z pentru acest caz, rezultă :

$$z' = \frac{1}{y} = \frac{0,86 \cdot (i_2 - i_0)}{\eta_{td} \cdot \eta_m \cdot \eta_g \, (i_1 - i_{2,0})} \; 10^3 \text{ kcal/kWh} \qquad (8)$$

Dacă se construește curba $z' = \frac{1}{y}$, adică inversul indicelui de termoficare, pentru o anumită stare a aburului la intrare p_1, t_1, și pentru o anumită valoare a randamentelor η_{td} η_m η_g, în funcție de presiunea aburului la ieșire p_2, dacă pe această curbă se înseamnă cu z' punctul corespunzător unei valori a presiunii p_2 și dacă pe această diagramă se înseamnă, pentru aceeași presiune la ieșire p_2, valoarea indicelui de căldură z a unei industrii consumatoare de energie electrică și de căldură, care ar folosi aburul cu presiunea p_2 la ieșire din turbină, atunci se poate scrie :

$$z = \frac{Q}{E} \; ; \qquad z' = \frac{1}{y} \; ; \qquad \frac{z}{z'} = \frac{E_T}{E}$$

deci :

$$\frac{z}{z'} = X_T \qquad (9)$$

Prin urmare, coeficientul de structură a termoficării X_T se măsoară direct prin raportul $\frac{z}{z'}$ pentru o anumită presiune a aburului la ieșire p_2 și pentru o anumită stare a aburului la intrare și anumite randamente ale grupului.

In cele de mai sus, s'a presupus că aburul la consumator are aceiași presiune ca aburul la ieșirea din turbină, adică s'au neglijat pierderile de presiune dela turbină până la consumator.

In diagrama Nr. 3 s'au figurat două curbe $z' = \frac{1}{y}$ pentru două stări ale aburului la intrare : 90 ata, 500 °C și 35 ata, 435 °C și pentru $i_o = 100$ kcal/kg ; $\eta_{td} = 0,70$; $\eta_m \cdot \eta_g = 0,94$.

Se vede din această diagramă că pentru o industrie care prezintă un indice de căldură z, se poate obține un coeficient de structură X_T cu atât mai mare cu cât :

— parametrii aburului la intrare se aleg mai ridicați și

presiunea aburului la ieșire se alege mai scăzută și că pentru valori constante ale para-

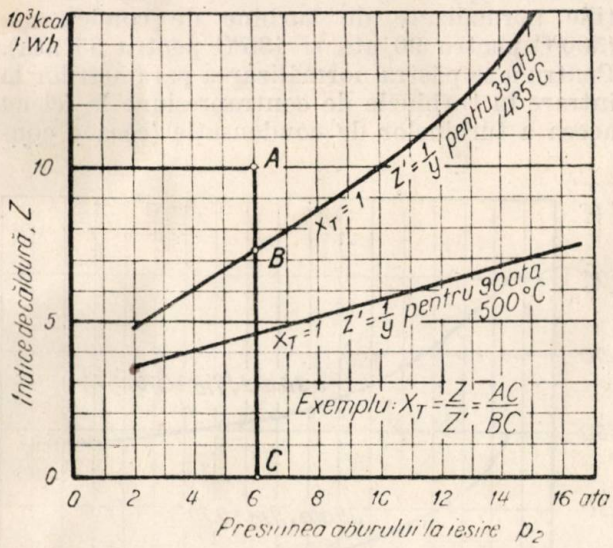


Fig. 3

metrilor aburului la intrare și ieșire, coeficientul de structură X_T variază direct proporțional cu indicele de căldură z.

Punctele care reprezintă indicele de căldură al unei industrii, care folosește aburul cu o presiune la ieșire p_2, situate dedesubtul unei curbe $z' = \frac{1}{y}$ care caracterizează utilajul centralei de termoficare, corespund unui coeficient de structură $X_T < 1$, iar cele situate deasupra curbei corespund unui coeficient de structură $X_T > 1$.

Din diagrama Nr. 3 se vede că, pentru valori foarte mici ale indicelui de căldură, de exemplu $z < 2{,}5.10^3$ kcal/kWh, oricât s'ar mări parametrii aburului la intrare și s'ar scădea presiunea aburului la ieșire, coeficientul de structură nu va putea ajunge la 1 și că, pentru valori foarte mari ale indicelui de căldură, de exemplu $z > 25.10^3$ kcal/kWh, coeficientul de structură rămâne mai mare decât 1, chiar dacă parametrii aburului la intrare sunt mici și presiunea aburului la ieșire este ridicată.

Coeficientul de structură X_T variază în timp în același fel ca și indicele de căldură z.

3. Alegerea parametrilor aburului în regimul de contrapresiune

a) Parametrii aburului la ieșire se aleg în funcție de temperatura necesară, sub care se consumă căldura la locul consumului și de rețeaua care transportă aburul la consumator. Pierderile de presiune în rețeaua de transport depind de lungime și de diametru. Alegerea diametrului conductelor de transport constitue găsirea unei soluții optime ținând seama pe de o parte de sporul de cheltueli produs de alegerea unor diametre mai mari și pe de altă parte, de pierderea de putere electrică care rezultă din ridicarea presiunii aburului la ieșire, ridicare necesară pentru acoperirea pierderilor de presiune în conducte de diametru mic. Pierderile de presiune în rețele reduse, cum e cazul unor industrii izolate, de capacitate mijlocie, se pot ridica în cazul unei dimensionări raționale a conductelor la 0,5 . . .1,0 ata, iar în cazul unui grup de industrii, alimentate de o centrală de termoficare, la 1 . . .2 ata.

Presiunile de abur la ieșire fiind egale cu presiunile la locul de consum, la care se adaugă pierderile de presiune, rezultă că, în practică, presiunea la ieșire astfel determinată va acoperi o gamă întreagă de presiuni dela 1,2 ata până la circa 10 ata, în mod normal, depinzând de temperaturile aburului, necesare la locul de consum.

Acest fapt îngreunează mult unificarea grupurilor de termoficare. In fixarea treptelor de presiune a aburului la ieșire din turbine în vederea unificării, se caută ca toți consumatorii de abur să fie satisfăcuți într'o măsură cât mai bună, cu 1 . . .3 valori ale presiunii, valoarea fiecărei trepte de presiune putând avea abateri de reglare de 1 . . .3 at într'un sens sau altul.

Dacă anumite cantități de abur nu pot fi extrase din turbină la presiunea dorită, acest neajuns poate fi soluționat pe două căi :

— prin extragerea aburului dintr'o treaptă de presiune superioară, eventual direct dela presiunea cazanului, și prin reducerea presiunii până la valoarea necesară. Prin reducerea presiunii se pierde însă o cantitate de energie electrică din potențialul de termoficare a industriei ;

— prin extragerea aburului la o treaptă de presiune insuficientă și prin introducerea unor aparate de ridicat presiunea (de ex. termocompresorul cu jet de abur).

In unele cazuri, printr'o examinare rațională a problemei de către cei 2 proiectanți : tehnolog și energetician, se poate ajunge la schimbarea soluțiunii de folosire tehnologică a aburului. Se pot cita ca exemple de probleme de acest gen, a căror rezolvare este realizată, este de dorit sau care se pot pune, acela al încălzirii boilerelor de sulfit, în industria celulozei, prin repompare sau circulație (scăderea presiunii aburului dela 8 ata la 4 ata) sau acela al înlocuirii pompelor de abur prin pompe electrice în rafineriile de petrol și acela al înlocuirii turbosuflantelor prin suflante electrice în siderurgie.

In privința temperaturii aburului la ieșire din turbină, aceasta se alege cu 20 . . .40 °C deasupra temperaturii de saturație la presiunea de ieșire, pentru ca să existe suficientă asigurare ca aburul să nu ajungă umed la consumator, având în vedere scăderile de temperatură în rețea.

b) Parametrii aburului la intrarea în turbina de contrapresiune se determină prin calcul cu ajutorul formulei :

$$i_1 = \frac{0{,}86}{z \cdot \eta_{td} \cdot \eta_m \cdot \eta_g} \cdot (i_2 - i_0) + i_{2,0} =$$

$$= \frac{0{,}86}{z \cdot \eta_m \cdot \eta_d} (i_2 - i_0) + i_2 \qquad (10)$$

care se deduce ușor din formula (7) dacă se face $X_T = 1$.

Din relația (10) rezultă că parametrii aburului la intrare trebue aleși cu atât mai mari cu cât :

— indicele de căldură z este mai mic,

— presiunea aburului la ieșire p_2 este mai mare,

— randamentul termodinamic este mai mic.

Energia electrică specifică, a cărei variație în funcție de presiunea aburului la intrare este arătată în diagramele *1* și *2*, reprezintă energia ce se obține la bornele generatorului. Consumul de energie electrică al serviciilor interne ale centralei de termoficare, care trebue scăzut din energia la borne, pentru a se obține energia electrică efectivă, crește cu cât presiunea aburului la intrare se mărește, din cauza energiei consumate la pomparea apei de alimentare. Din această cauză, energia electrică ce se obține efectiv prin termoficare, crește într'o măsură ceva mai redusă în raport cu presiunea aburului la intrare.

Pe de altă parte, la presiuni înalte, peste 80 ata, apar probleme deosebite în prepararea apei de alimentare a cazanelor. In cazul când cota de recuperare a apei condensate este redusă, această situație poate produce serioase greutăți, care cresc cu cât crește presiunea aburului la intrare. Soluția transformatorului de abur rezolvă aceste greutăți dar prezintă dezavantajul unui spor de cheltueli, fiind un aparat costisitor ca și acela al micșorării puterii ce se obține prin termoficare, datorită pierderii de presiune în transformator. Greutățile acestea se rezolvă în mare măsură prin vaporizarea în trepte în tobele cazanelor de abur, procedeu introdus de tehnica sovietică.

In privința randamentului termodinamic este de observat că o mărire a acestuia constitue o problemă de construcție a turbinei de abur și că o astfel de mărire este limitată de volumul aburului, ceeace face ca la debite mici de abur, randamentul termodinamic să scadă.

Dacă în diagrama $i - s$ se pleacă dela punctul de ieșire a aburului din turbină corespunzând unei presiuni p_2 și unei ușoare supraîncălziri (20°C . . .40°C) și se construește dreapta ce reprezintă locul geometric al stărilor de intrare în turbină a aburului care se destinde cu un randament termodinamic η_{td} constant, la intersecția acestei drepte cu o curbă de presiune p_1 a aburului la intrare în turbină, se obține punctul de intrare a aburului, căruia îi corespunde temperatura aburului la intrare t_1 necesară.

In diagrama Nr. 4 s'a arătat variația acestei temperaturi t_1 la intrare, necesară, în funcție de presiunea aburului la ieșire p_2, pentru 2 presiuni ale aburului la intrare : 90 ata și 35 ata și pentru $\eta_{td} = 0{,}7$; $\eta_m \cdot \eta_g = 0{,}94$; $i_o = 100$ kcal/kg.

Temperaturile care se obțin din această diagramă sunt în general mai mici decât temperaturile aburului la intrare, corespunzătoare presiunilor respective, care se întâlnesc în construcțiile normalizate de turbine de condensație (500°C pentru 90 ata și 435°C pentru 35 ata). Pentru a se păstra normalizarea parametrilor la intrare în turbinele de contrapresiune la fel cu aceea a turbinelor de condensație (ceeace constitue o ușurință mai ales în unificarea construcției cazanelor de abur) și pentru a nu se furniza consumatorilor un abur cu o temperatură prea ridicată, se întrebuințează o modificare a supraîncălzitorului de abur al cazanului sau intercalarea unor răcitori de abur la ieșire din turbină.

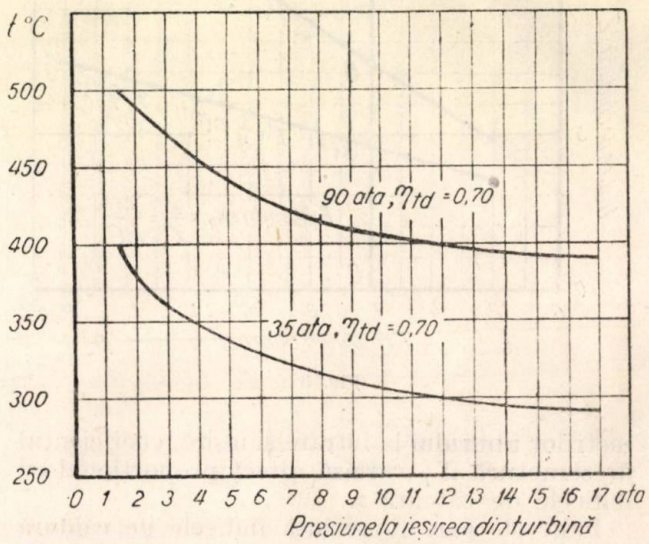


Fig. 4

4. Alegerea structurii centralelor de termoficare

Alegerea structurii centralelor de termoficare constă în determinarea rațională a eventualei părți de condensație în raport cu partea de contrapresiune a centralei. Alegerea corectă a soluțiunii depinde în afară de parametri arătați și de regimul de variație în timp a consumației de căldură în raport cu consumația de energie electrică.

In afară de factorii interni ai industriei, această alegere depinde și de factorii externi față de întreprindere, precum :

— situația combustibilului în regiune, în ceeace privește posibilitatea de utilizare rațională a acestuia într'o măsură mai mare sau mai mică ;

— situația rețelii electrice regionale, în ceeace privește posibilitatea unui schimb rațional de energie cu centrala de termoficare.

In tabela Nr. 1 se arată cazurile generale care se pot întâlni în mod obișnuit la realizarea unei centrale de termoficare, în ceeace privește structura acesteia.

Feluri de centrale de termoficare *Tabela Nr.* **1**

Nr. crt.	Tipul centralei	Deservire	Interconectată sau autonomă	Coeficient de structura X_T	Schimb de energie electrică cu rețeaua regională	Poziția combustibilului față de centrală	Observații
1	Condensație și priză	Regională	Interconectată	<1	Se predă în rețea	Indicată pentru acoperirea nevoilor regiunii	
2	Condensație și priză	Locală	Autonomă	<1	0	Indicată pentru acoperirea nevoilor locale ale industriei	Se produce energie electrică în condensație cu randament mic.
3	Contrapresiune	Regională	Interconectată	>1	Se predă în rețea	Idem	
4	Contrapresiune	Locală	Interconectată	>1	Se predă în rețea	Neindicată pentru acoperirea altor nevoi decât cele locale	
5	Contrapresiune	Locală	Interconectată	<1	Se preia din rețea	Idem	
6	Contrapresiune	Locală	Autonomă	1	0		Aburul tehnologic este folosit în turbină numai în parte, restul se obține prin reducerea presiunii.

Se recomandă a se evita cazul indicat la Nr. 2 pentru a nu se produce energie în regim de condensație cu un randament scăzut, corespunzător centralei locale de putere mică, în raport cu randamentul ridicat ce se obține într'o centrală de condensație regională, precum și cel indicat la Nr. 6, în care prin reducerea presiunii aburului se renunță la obținerea unei cantități de energie electrică prin termoficare.

Centralele de termoficare indicate la Nr. 3 și Nr. 4 și în special cea dela Nr. 3, reprezintă soluțiuni foarte raționale din punct de vedere energetic, întrucât coeficientul de structură a termoficării X_T este >1.

Aceste soluțiuni se pot realiza numai în cazurile când se dispune de o rețea regională de energie electrică suficient de puternică, situație la care se ajunge azi numai în condițiile economiei socialiste.

5. Alegerea grupurilor din centrala de termoficare

a) Pentru determinarea debitului de abur, pentru care se construește turbina de contrapresiune, este necesar să se cunoască — pe lângă valorile debitelor medii și maxime cerute de procesul tehnologic, de încălzit și de preîncălzirea regenerativă a centralei de termoficare — și variația în timp a acestora. Pentru aceasta este necesar să se dispună de :

— diagrame zilnice de consum de energie termică pentru o zi de vară și una de iarnă ;

— curba clasată a sarcinii termice.

Stabilirea debitului de abur, pentru care se dimensionează turbina de contrapresiune, se face în general pentru un debit ceva mai mic decât debitul maxim de abur cerut, ținându-se seama de faptul că surplusul de energie ce s'ar obține la trecerea debitului maxim de abur într'o turbină dimensionată pentru acest debit, este în general mai mic decât cantitatea de energie care se obține mai puțin în această turbină, din cauza consumului mai mare de abur la mersul în gol.

Totodată, trecerea unei părți din vârful total de abur prin reductor permite și micșorarea puterii instalate în grupuri și reducerea investițiilor în centrală.

b) Tot pe baza diagramelor arătate, se face și alegerea numărului grupurilor. In genere, se merge la un număr cât mai mic de unități (de preferință una), care să funcționeze însă în ma-

joritatea timpului la plină sarcină. In centrale de termoficare interconectate cu rețeaua regională, se renunță la grupuri de rezervă, urmând ca în caz de revizie sau de defect, să se preia puterea electrică din rețeaua electrică regională, iar abur să se ia, prin reductor, direct dela cazan.

Alegerea unui număr mic de unități conduce pe deoparte la investiții minime, pe de altă parte permite folosirea de unități mai mari cu randamente superioare.

6. Examinarea unor industrii consumatoare de energie electrică și de căldură din punctul de vedere al termoficării

In lumina considerațiunilor expuse, s'au examinat o serie de industrii, care consumă căldură și energie electrică. In tabela Nr. 2 se arată industriile examinate și diferitele caracteristice ale acestora din punctul de vedere al termoficării și anume : presiunea aburului preluat la ieșire din turbina p_2, indicele de căldură z și coeficientul de structură a termoficării X_T. Acesta din urmă a fost calculat pentru parametrii aburului la intrare în turbină în două ipoteze : 35 ata, 435 °C și 90 ata, 500 °C pentru un randament termodinamic 0.7 ; un randament mecanic x ; un randament electric 0,94 ; o entalpie a condensatului recuperat de 100 kcal/kg.

In diagrama Nr. 5 s'au figurat, în funcție de presiunea la ieșire din turbină p_2 ca abscise și de indicele de căldură z ca ordonate, punctele care reprezintă industriile diferite examinate, din punctul de vedere al termoficării. In aceeași diagramă s'au figurat cele două curbe $z' = \frac{1}{y}$ pentru cele două stări ale aburului la intrare arătate mai sus. In dreptul fiecărui punct care caracterizează o industrie s'a indicat coeficientul de structură a termoficării $Y_T = \frac{z}{z'}$ calculat pentru cele 2 stări ale aburului la intrare.

Din examinarea tabloului și a diagramei, se vede că cele mai interesante industrii din punctul de vedere al termoficării sunt cele de : săpun, zahăr, rafinerii de petrol, produse sodice, drojdie, brichete de cărbune, celuloză, celofibră, țesătorii, mătase viscoză, spirt. Ca mai puțin interesante apar : textile, hârtie, mătase-cupru, aluminiu și siderurgie.

7. Unificarea utilajului

In Uniunea Sovietică, unde centralele de termoficare sunt desvoltate în cea mai mare măsură, a fost unificat utilajul, fabricarea în serie a utilajului micșorând cheltuelile de investiție.

Examinarea unor industrii din punct de vedere al termoficării *Tabela Nr. 2*

Ramura industrială	Fabrică	Presiunea aburului la consumator p_2 ata	Indice de căldură $z = \frac{Q}{E}$ 10^3 kcal/kWh	Coeficient de structură a termoficării X_T pentru parametrii aburului la intrarea în turbină :	
				39 ata 435°C	90 ata 500°C
1	2	3	4	5	6
Chimie	Produse sodice	3,0 și 13,0	16,0	3,0 și 1,3	4,1 și 2,4
	Săpun	3,5	60,0	10,6	15,0
Petrol	Rafinerie	12,0	21,0	1,8	3,3
Cărbune	Brichete de cărbune brun	3,5	11,0	1,9	2,7
Siderurgie	Laminor de tablă subțire	10,0	3,5	0,3	0,6
	Combinat siderurgic (tehnologic)	7,0	0,5	0,06	0,1
Neferoase	Combinat aluminiu	8,0 și 26,0	0,4	0,05 și 0,01	0,08 și 0,03
Ușoară	Textile	5,0	4,5	0,7	1,0
	Celofibră	4,0	9,5	1,6	2,2
	Mătase viscoză	3,0	6,5	1,2	1,7
	Mătase-cupru	7,0	2,5	0,3	0,5
	Țesătorie	2,5	10,0	2,0	2,7
Lemn și Hârtie	Celuloză	8,0	11,0	1,3	2,1
	Hârtie	2,0 și 13,0	2,0	0,4 și 0,2	0,6 și 0,3
Alimentară	Spirt	3,5	49,0	8,6	12,3
	Zahăr brut	3,5	24,0	4,2	6,0
	Zahăr rafinat	3,0	19,0	3,6	4,8
	Drojdie	2,0	13,0	2,7	3,7

Observațiuni. 1. S'a presupus pentru simplificare că presiunea aburului la consumator este egală cu cea la ieșire din turbină.

2. Coeficientul X_T a fost calculat pentru $\eta_{ltă} = 0,7$; $\eta_m \eta_g = 0,94$.

3. In consumația de căldură Q se cuprinde și necesarul pentru încălzitul și ventilația halelor.

Această unificare este arătată mai jos, în linii generale :

c) Puterile sunt unificate în următoarele trepte : 0,75 ; 1,5 ; 2,5 ; 4,0 ; 6 ; 12 ; 25 MW pentru

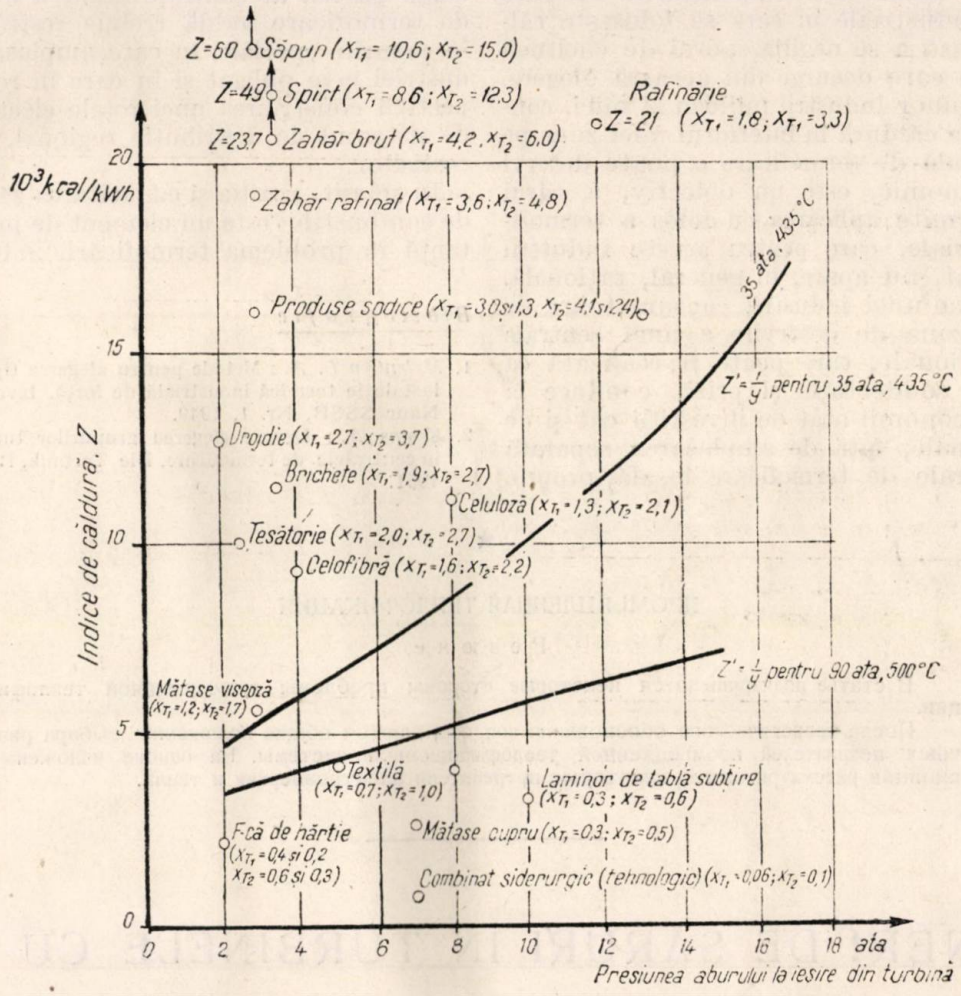


Fig. 5

a) Parametrii aburului la intrare cuprind 2 trepte :

35 ata, 435°C
90 ata, 500°C

corespunzător următorilor parametri ai aburului la ieșire din cazan :

39 ata, 450 °C
100 ata, 510 °C

b) Presiunile aburului la ieșire au o valoare nominală și pot fi aranjate pentru a se funcționa între 2 limite.

Pentru turbine de condensație și priză reglabilă.

Nominal : 1,2 ata (1,2 . . .2,5 ata)
Nominal : 5 ata (4 . . .6 ata)
Nominal : 10 ata (8 . . .13 ata)

turbinele posedând 2 prize : 1,2 și 5 ata sau 1,2 și 10 ata.

Pentru turbine de contrapresiune.

Nominal : 3 ata (2 . . .4 ata).
6 ata (4 . . .7 ata).
11 ata (8 . . .13 ata).
15 ata (13 . . .17 ata).

ambele feluri de turbine (condensație și priză sau contrapresiune). Pentru prima categorie, normele prevăd și puterea de 50 MW.

8. Concluzii

Din cele expuse, rezultă că examinarea unei industrii din punct de vedere al termoficării este indicat a se face prin cercetarea indicelui de căldură z, a indicelui de termoficare y și a coeficientului de structură X_T, ca și prin cercetarea curbelor de variație a consumației de energie electrică și de căldură.

In cazul studierii posibilității de termoficare a unei industrii consumatoare de energie electrică și de căldură, o indicație utilă și rapidă stă la dispoziție prin determinarea coeficientului de structură a termoficării X_T din raportul indicelui de căldură z către inversul indicelui de termoficare y, presupunând o anumită presiune de ieșire a aburului p_2 și o anumită stare a aburului la intrare, p_1, t_1.

Pentru a folosi într'o măsură cât mai mare avantajele producerii mixte de energie electrică

și căldură, se vor alege parametrii aburului la intrare cât mai ridicați iar presiunea aburului la ieșire cât mai scăzută, examinându-se în acest scop în mod amănunțit temperaturile necesare proceselor industriale în care se folosește căldura, fără însă a se neglija sporul de cheltueli de investiție care decurge din această alegere.

Gruparea unor industrii mijlocii și mici, consumatoare de căldură în interiorul unei zone pe care o centrală de termoficare o poate deservi în mod economic, este un obiectiv, a cărui realizare permite aplicarea cu folos a termoficării industriale, care pentru aceste industrii dispuse izolat, nu apare, în general, rațională.

Amplasarea unei industrii consumatoare de căldură în zona de deservire a unei centrale electrice regionale, care poate fi realizată ca centrală de condensație și priză, conduce la însemnate economii atât de investiții cât și de cheltueli anuale, față de amplasarea separată a unei centrale de termoficare locală, proprie a industriei și a unei centrale electrice de condensație regională.

Adăugarea unei părți de condensație pe lângă partea de contrapresiune a unei centrale de termoficare locală trebue restrânsă numai în cazurile speciale, în care amplasamentul industriei este obligat și în care în regiunea respectivă construirea unei rețele electrice, legată de sistemul de distribuție regional, apare prea costisitor.

In sfârșit, poziția și capacitatea zăcământului de combustibil este un element de primă importanță în problema termoficării industriale.

Bibliografie

1. *Melentiev L. A.*: Metode pentru alegerea tipului optim de instalație termică industrială de forță. Izvestia Academia Nauc SSSR, Nr. 1, 1949.
2. *Kroms A.*: Despre alegerea grupurilor turbogeneratoare în centralele de termoficare. Die Technik, R. D. G. Nr. 10, 1951.

★

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОФИКАЦИЯ

Резюме

В статье подчеркиваются некоторые стороны проблемы промышленной теплофикации.

После теоретического обоснования вопроса, даются общие положения выбора различных показателей промышленной теплофикационной системы. На основе изложеных принципов рассматриваются некоторые потребители электроэнергии и тепла.

DEPUNERI DE SĂRURI IN TURBINELE CU ABUR

Ing. L. STANISAVLIEVICI

Autorul face un studiu amănunțit asupra depunerilor solide de săruri în cazane și turbine. Se descrie caracteristicele sărurilor care se depun și se arată măsurile necesare pentru combaterea depunerilor.

In exploatare, apar deseori depuneri solide de săruri în ajutajele și pe paletele turbinelor cu abur, ca o consecință a calității necorespunzătoare a aburului, în legătură cu compoziția apei din cazan și a condițiunilor de exploatare. Consecințele asupra turbinei sunt: scăderea puterii, scăderea randamentului, creșterea presiunii axiale, degradarea materialului prin acțiuni chimice. Asupra randamentului, au influență mai ales depunerile de săruri din ultimele trepte ale turbinei; din cauza frecării care se produce sub efectul depunerilor, căldura echivalentă lucrului mecanic nu mai este folosită integral, ci se pierde în condensator. Pe lângă creșterea presiunii axiale a rotorului (pricinuită de variația presiunii pe cele două fețe ale discurilor), mai apare și creșterea diferenței de presiune între diferitele trepte, ducând la creșterea solicitărilor de rezistență în palete, ceeace influențează siguranța de funcționare.

Grosimea și aspectul depunerilor pot fi foarte variate; ele apar ca praf sau acumulări ușor de desagregat, sau ca straturi aderente, uneori cu aspect sticlos. Compoziția lor chimică variază și ea. In linii generale ele pot fi solubile sau insolubile în apă, respectiv în abur umed, ultimele neputându-se îndepărta prin spălări cu abur umed, ci impun oprirea turbinei și curățirea ei cu mijloace mecanice.

Sursa depunerilor sunt sărurile din apa cazanului; acestea trec în abur (murdărirea aburului) și sunt eliminate selectiv, parțial sau total, în supraîncălzitor, conducte de abur și turbine. Dacă aburul conține doar 1 mg săruri pe kg, în cursul unui an de exploatare trec printr'o turbină de putere mijlocie cam 500 kg săruri; numai câteva kg din aceste săruri, depuse pe palete, pot produce o scădere apreciabilă a puterii nominale.

La formarea acestor depuneri, contribue un complex de procese; factorii principali care intervin sunt: compoziția apei din cazan, proprietățile substanțelor dizolvate, starea de agregare a antrenărilor, temperatura, presiunea și viteza de scurgere a aburului, forma parcursului aburului, regimul de exploatare a cazanului și turbinei.

Intre depunerile formate și abur, pot avea loc influențe reciproce, care modifică aspectul și compoziția depunerilor; de pildă, depunerile solide cu punct de topire scăzut, pot fi antrenate de către abur; cele care conțin componenți volatili, sunt dizolvate molecular, respectiv se evaporă și pleacă cu aburul. In prezența bioxidului de carbon (din abur sau din aer, la oprirea agregatului) au loc reacțiuni chimice care modifică compoziția depunerilor.

CARACTERISTICILE SĂRURILOR CARE SE DEPUN

In apa cazanului, se află în soluție numeroase săruri, în care predomină cele de sodiu și de potasiu. Pentru fiecare condițiune de regim, corespunde o stare de echilibru chimic în apa cazanului, condiționată mai ales de variația solubilității sărurilor în funcție de temperatură. In această privință se disting două categorii de săruri în apa cazanului:

I. Săruri a căror solubilitate crește odată cu temperatura, până ce aceasta din urmă atinge temperatura de topire a sub-

stanței solide. În acest moment, proprietățile soluției sunt acelea ale massei topite. Coeficientul de solubilitate al acestor substanțe este pozitiv și din categoria lor fac parte: NaOH, NaCl, Na_2SiO_3, $Na_2Si_2O_5$ și sărurile respective de potasiu. (Dimetasilicații $Na_2Si_2O_5$ sunt formați din hidroliza metasilicaților Na_2SiO_3).

II. Săruri a căror solubilitate după ce atinge un maxim, scade cu creșterea temperaturii și atinge valoarea zero în apropierea temperaturii critice a apei. Coeficientul de solubilitate al acestor substanțe este negativ și din categoria lor fac parte: Na_2SO_4, Na_2CO_3, Na_3PO_4 și sărurile respective de potasiu.

Murdărirea aburului în procesul de vaporizare are loc în două moduri: (1) Prin antrenarea picăturilor de apă din cazan; fenomenul se produce și în exploatare normală, dar e mai accentuat când fierberea e tumultoasă sau conținutul cazanului spumegă, sau când din motive constructive, separarea aburului de apă nu are loc complet.

2) Prin dizolvarea sărurilor de către abur, fenomen similar cu dizolvarea sărurilor de către apă (dizolvare moleculară); spre deosebire de antrenarea prin picături, dizolvarea joacă rol precumpănitor în murdărirea aburului dela presiuni de regim mai mari de 60—80 ata. Aburul are proprietăți dizolvante selective, care cresc cu creșterea presiunii și se manifestă mai ales pentru acidul silicic.

Prin urmare, *în aburul saturat* (la intrare în supraîncălzitor) se află substanțe solide provenite din apa cazanului; până la presiuni de 60—80 ata, predomină soluțiile lichide sub formă de picături fin dispersate; la presiuni mai înalte, predomină forma de vapori (dispersiune moleculară), mai ales de silicați și mai puțin de celelalte săruri de sodiu.

DEPUNERI DE SĂRURI IN CAZAN

După eșirea din cilindrul cazanului, parcursul aburului se poate împărți în trei regiuni:

— Presiune constantă și temperatură crescândă — supraîncălzitor;

— Presiune și temperatură constante — conducte de abur (neglijând pierderile eventuale);

— Expansiune politropă — turbină.

În supraîncălzitor, apa antrenată din cazan de către abur, se evaporă; soluția își modifică concentrația, iar sărurile mai puțin solubile se separă ca fază solidă. La presiune constantă, acest fenomen e în funcție și de durata evaporării. În procesul evaporării, joacă rol tensiunea vaporilor soluției respective; aceasta depinde de temperatură, de natura și de concentrația corpurilor din soluție.

Dacă tensiunea vaporilor la saturație e apropiată de tensiunea aburului apei pure, evaporarea poate avea loc complet la temperaturi vecine de 100°; dacă tensiunea are valoare mică, evaporarea soluției necesită temperaturi înalte; dacă are valoare mare, evaporarea completă a soluției are loc la temperaturi mai joase.

Dacă presiunea e mai mare decât tensiunea vaporilor unei soluții saturate, aceasta nu se poate evapora complet, soluția rămâne nesaturată față de sarea respectivă; în caz contrar, ea se poate evapora complet. Prin urmare, la presiuni de regim mici, depunerile în supraîncălzitor sunt mai probabile decât la presiuni înalte.

Sărurile din categoria I au la saturație, tensiunea vaporilor, mică, temperatura lor de fierbere e înaltă. Evaporarea în supraîncălzitor a picăturilor de apă, conținând aceste săruri, decurge încet și pe măsura concentrării lor prin evaporare, evaporarea se face tot mai încet. Dacă presiunea e înaltă, evaporarea e și mai redusă. Soluția nesaturată înglobează și sărurile din categoria II-a; ele rămân în aburul supraîncălzit, ca picături de soluții concentrate și sunt antrenate în turbină.

Sărurile din categoria II au la saturație tensiunea vaporilor mare, temperatura lor de fierbere e coborâtă. Evaporarea în supraîncălzitor a picăturilor de apă conținând aceste săruri, decurge repede. Pe măsură ce crește temperatura, solubilitatea lor scade, concentrația soluției scade și ea, ceeace accelerează evaporarea. In aburul supraîncălzit rămân sărurile în stare uscată; ele se depun în supraîncălzitor și, în parte, în conducta de abur și în turbină.

Mărirea temperaturii în supraîncălzitor favorizează depunerile în el, deoarece vaporizarea e mai completă.

Carbonatul de sodiu, face parte din categoria II de săruri; el are totuși o comportare diferită. La presiuni mai mari el se hidrolizează aproape complet, în cazan: $Na_2CO_3 + HOH \rightleftharpoons 2\ NaOH + CO_2$.

Cea mai mare parte din această sare se va comporta deci ca NaOH, trecând prin supraîncălzitor în turbină. Partea nehidrolizată (procentual mai mare, cu cât presiunea e mai mică) se comportă ca și sărurile categoriei II depunându-se parțial, în stare uscată, în supraîncălzitor, conducte și turbină.

Starea de dispersiune a umidității din abur are influență asupra felului depunerilor; dacă umiditatea e în pelicule sau picături, sărurile categoriei II cristalizează pe pereții supraîncălzitorului; dacă umiditatea e dispersată foarte fin, cristalizarea sărurilor poate avea loc în interiorul acestor picături mici, înainte de contactul lor cu pereții supraîncălzitorului.

Sărurile uscate pot fi antrenate deci odată cu aburul în turbină. După felul sărurilor, aburul murdar poate înfunda supraîncălzitorul, iar turbina rămâne relativ curată; un abur chiar mai puțin murdar (cu antrenări dispersate fin) poate depune mai puține săruri în supraîncălzitor, dar provoacă depuneri mai mari în turbină.

Dacă picăturile de apă antrenate din cazan conțin săruri din ambele categorii — ceeace e cazul în practică — procesul poate deveni complex. Sărurile pot rămâne sau ca soluții concentrate, sau în stare uscată, cristalină, în funcție de raportul lor cantitativ în amestec și de starea de dispersie în mediul de abur supraîncălzit.

Când în amestec predomină substanțele unei categorii de săruri, acestea se comportă ca și categoria predominantă; de pildă, dacă predomină substanțele din categoria I-a, sărurile rămân în abur ca soluție, deoarece în acest caz sărurile categoriei II-a capătă o solubilitate pozitivă și împreună trec în turbină; dacă predomină substanțele categoriei II, sărurile trec în stare solidă și se depun în supraîncălzitor, conducte și turbină.

Prezența NaOH în soluția de Na_2SO_4, Na_2CO_3 sau Na_3PO_4, mărește solubilitatea acestora la temperaturi de ordinul 350°C și o scade în zona de 250°C. Aceiași acțiune, dar mai puțin accentuată, o are și NaCl.

Dacă umiditatea aburului conține mult Na_2SO_4 și puțin NaOH, acesta din urmă se depune și el în supraîncălzitor; dacă conține puțin Na_2SO_4 și mult NaOH, se depune mai puțin Na_2SO_4 în supraîncălzitor și mai mult în turbină.

Picăturile care conțin NaCl și KCl se evaporă complet în supraîncălzitor, la presiuni joase; la presiuni înalte, ele rămân ca soluții concentrate, compoziția soluției depinzând de compoziția fazei solide care se separă și de concentrația soluției saturate.

Sărurile în soluție moleculară rămân ca atare cât timp presiunea și temperatura sunt constante; în mod practic, ele nu se depun în supraîncălzitor ci trec în cea mai mare parte în turbină.

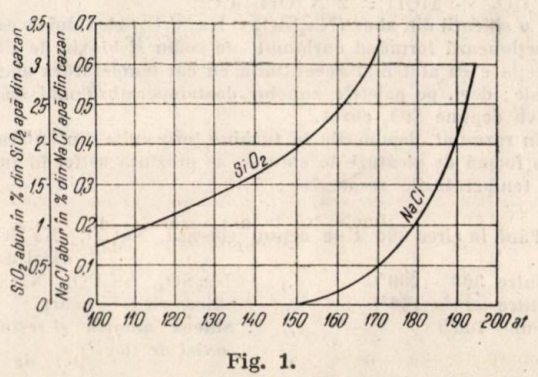


Fig. 1.

La o presiune dată, solubilitatea sărurilor în abur e proporțională cu concentrația lor în apa cazanului; ea crește odată cu creșterea presiunii. Aburul disolvă molecular mai ales sărurile în stare solidă și mai puțin pe cele în soluție; fenomenul are loc la eșirea din cilindrul cazanului, dar mai ales în supraîncălzitor. Aici se dizolvă în abur sărurile dispersate fin (sub 3 microni), formate din evaporarea picăturilor de soluție concentrată, de dimensiuni mici (sub 50 microni) și nu prea numeroase în abur.

Disolvarea moleculară e datorită mai ales faptului că pe măsură ce crește presiunea, densitatea aburului se apropie de densitatea apei.

Depunerile de săruri solubile, în stare topită, din supraîncălzitor, pot fi dizolvate de către abur, în stare moleculară (dacă conţin componenţi volatili) şi sunt antrenate astfel în turbină.

Solubilitatea cea mai mare în aburul de presiune înaltă o are clorura de sodiu; prin urmare ea nu se separă în supraîncălzitor; hidroxidul de sodiu are tendinţa de a se depune în supraîncălzitor; silicea, mai mult, iar sulfatul de sodiu şi mai mult.

In raport invers este tendinţa de depunere a acestor săruri, dizolvate molecular, în turbină. La silice, tendinţa de a se depune în diferitele organe ale cazanului şi turbinei, e mai accentuată decât ar corespunde solubilităţii sale, deoarece ea e antrenată mai uşor de către abur. Fig. 1 arată antrenarea prin solubilitate în aburul de înaltă presiune, a silicei şi a clorurei de sodiu, la concentraţia lor normală şi constantă în apa cazanului, în raport cu presiunea de regim. Valorile sunt exprimate în procente din sarea respectivă în apa cazanului. Reese din curbele respective că antrenarea silicei cu aburul e mult mai mare decât aceea a clorurei de sodiu, cu toate că solubilitatea ei în abur e mult mai mică.

DEPUNERI DE SĂRURI IN TURBINĂ

La intrarea în turbină, aburul supraîncălzit conţine substanţe solide sub diferite stări fizice; în mare parte ca particule extrem de mici, sub formă de soluţii concentrate; ca amestec de cristale şi de soluţii concentrate; sub formă de cristale; şi în fine, în mică parte, ca soluţie moleculară (în special acid silicic şi săruri de sodiu şi de potasiu).

Viteza aburului la intrare în turbină provoacă izbirea picăturilor antrenate de pereţii ajutajului, pulverizându-le microscopic. Picăturile de soluţie conţin mai ales substanţe din categoria I-a şi formează depuneri pe palete, sub formă de pelicule subţiri. Substanţele din categoria II-a, sub formă de săruri uscate, se depun sub formă cristalină pe suprafeţele tari.

Expansiunea aburului în turbină (însoţită de scăderea presiunei şi a temperaturii) provoacă saturaţia şi suprasaturaţia substanţelor din categoria I-a, sau a amestecurilor de săruri din categoria I-a şi II-a; sărurile se elimină ca faza solidă; acesta este cazul pentru NaOH, NaCl şi, în parte, Na_2SiO_3, $Na_2Si_2O_5$.

Sărurile uscate din abur trec prin toată zona de abur supraîncălzit; în zona de condensaţie, cele solubile pot trece din nou în soluţie, deoarece ele accelerează condensarea aburului, se dizolvă în condensatul format şi sunt spălate, intrând în circuit spre cazan.

La formarea fazei solide a sărurilor antrenate de către abur, contribue şi anumite reacţii chimice. Bioxidul de carbon din abur reacţionează cu hidroxidul de sodiu, dând carbonatul de sodiu, ceeace accelerează eliminarea fazei solide; când presiunea şi temperatura scad, reacţia are loc în sens invers: $Na_2CO_3 + HOH \rightleftharpoons 2\ NaOH + CO_2$.

Cu silicaţii din abur (Na_2SiO_3 şi $Na_2Si_2O_5$) bioxidul de carbon reacţionează formând carbonat de sodiu şi bioxid de siliciu; reacţia e cu atât mai accentuată cu cât temperatura aburului scade; deci, pe paletele zonelor de temperatură mai scăzută, se va depune SiO_2 curat.

In rezumat, depunerile în turbină, provenite din antrenările sub formă de picături de soluţie, se prezintă astfel în funcţie de temperaturile respective:

Până la circa 300 °C	se depun	silicaţii, NaOH, Na_2CO_3 şi oxizi de fier
Intre 300°—200°C	„	Na_2SO_4, Na_3PO_4, NaCl
Intre 200°—150°C	„	Silicea ca α — cuarţ
Sub 150°C	„	Silicea amorfă şi restul de oxizi de fier

Acelaş mod de depunere o au şi sărurile respective de potasiu; oxizii de fier provin din cazan, conducte sau din coroziunea paletelor turbinei.

Sărurile în soluţie moleculară din abur trec, la scăderea presiunii şi temperaturii, direct în stare solidă, deoarece au o temperatură de solidificare înaltă.

Silicaţii (sărurile acidului metasilicic) pot reacţiona cu bioxidul de carbon din abur, dacă acesta e în exces faţă de acidul silicic şi se formează SiO_2, care se depune pe palete, direct în formă de cristale.

Dacă în amestecul de săruri din abur predomină cele din categoria I-a, substanţele din categoria II-a capătă, cum am amintit, o solubilitate pozitivă. Prin scăderea presiunii şi temperaturii, soluţia devine saturată şi ca fază solidă se elimină mai ales substanţele din categoria I-a. Faza solidă depusă poate fi soluţie solidă, combinaţii chimice, sau amestec mecanic din substanţele celor două categorii.

Aburul de presiune joasă poate conţine mai multe săruri uscate decât aburul de presiune înaltă; depunerile de săruri sunt deci mai probabile în turbinele de presiune înaltă. Situaţia e inversă ca în supraîncălzitor; o temperatură de supraîncălzire mai mică, contribue la o creştere de depuneri în turbină.

In primele trepte ale părţii de acţiune e prezent în depuneri NaOH (şi KOH) din eliminarea concomitentă a diferitelor substanţe care-l pun în libertate; în turbinele de presiune înaltă sunt prezente probabil Na_2SiO_3, $Na_2Si_2O_5$ şi restul sărurilor din categoria IIa. In treptele următoare, unde temperatura e mai scăzută, NaOH trece în Na_2CO_3; la aceasta contribue şi efectul bioxidului de carbon din abur.

Diagramele din fig. 2 dau compoziţia depunerilor depe paletele unei turbine de condensaţie, cu caracteristicile aburului, la intrare: 20 ata, 380 °C. Paralela la ordonată delimitează partea de acţiune de partea de reacţiune a turbinei.

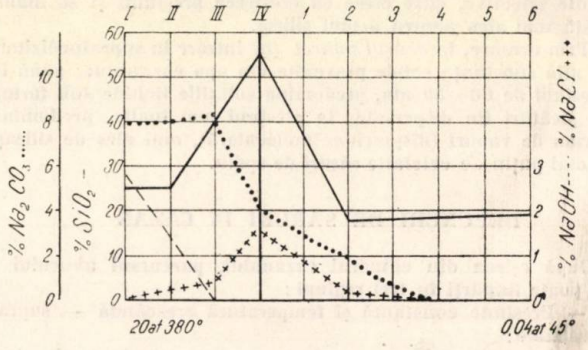


Fig. 2.

Se observă că în partea de acţiune se elimină cantitatea cea mai mare din sărurile aduse de către abur; depunerile continuă şi în partea de reacţiune. In primele trepte ale turbinei se elimină complet NaOH; eliminarea NaCl şi Na_2CO_3 încetează după primele şiruri de palete de reacţiune, pe când SiO_2 se depune pe toate şirurile până la eşire. Bioxidul de siliciu fiind practic insolubil în apă, nu este spălat de aburul umed, în zona de condensaţie a turbinei; în vreme ce sărurile solubile NaCl şi Na_2CO_3 sunt dizolvate în condensatul format.

Figura 3 arată compoziţia depunerilor depe paletele unei turbine de contrapresiune, cu caracteristicile aburului la intrare 120 ata, 500 °C şi la eşire 22 ata, 300 °C. Paralela la ordonată delimitează partea de acţiune de partea de reacţiune a turbinei.

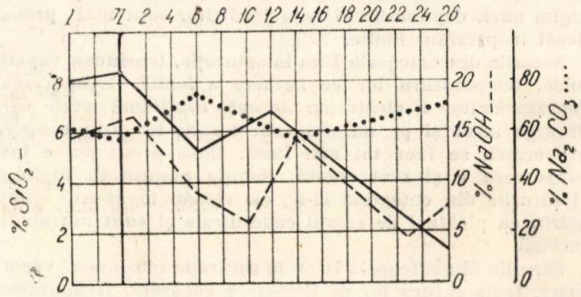


Fig. 3.

Aspectul diagramelor este diferit de acela al figurei 2, ca urmare a condiţiunilor diferite care se găsesc aici şi anume: aburul de presiune înaltă putând conţine mai puţine săruri uscate decât aburul de presiune joasă, depunerile sunt mai abundente aici; pe de altă parte, neexistând zona de condensaţie, sărurile solubile nu sunt spălate de aburul umed şi apar

pe toate şirurile de palete. Forma neregulată a diagramelor NaOH şi Na_2CO_3 e datorită probabil influenţei CO_2 şi umidităţii din aer în timpul cât turbina a stat deschisă până la luarea probelor.

MĂSURI PENTRU ELIMINAREA DEPUNERILOR DE SĂRURI

Combaterea depunerilor comportă, ca primă măsură, respectarea prescripţiilor calitative impuse apei din cazan.

Un conţinut mare de NaOH şi KOH în apa cazanului favorizează depunerile în turbină; prezenţa sulfaţilor de sodiu şi de potasiu nu are această influenţă. În raport cu presiunea de regim şi producţia specifică de abur se impune menţinerea conţinutului în săruri alcaline la valorile fixate de normele în vigoare şi limitarea silicei la valori cât mai mici. Aceste măsuri reduc sau împiedică atât antrenările sub formă de picături, cât şi dizolvarea ca soluţie moleculară. Afară de aceasta se va acorda importanţă şi altor impurităţi din apa cazanului ca: uleiuri, grăsimi, substanţe organice, cloruri şi bioxid de carbon. În al doilea rând, separarea aburului de apă trebue să fie cât mai completă, pentrucă antrenarea să aibă loc cel mult în particule extrem de fine şi nu mari, sau în pelicule.

Un conţinut în abur de cel mult 0,05 mg SiO_2/kg, nu produce depuneri în turbină; dacă conţine între 0,05...0,1 mg SiO_2/kg, se depune în turbină până la 50...60% din silicea conţinută în abur. Având în vedere solubilitatea silicei în abur (fig. 1), limitele de menţinut în apa cazanului în funcţie de presiune, sunt date de curba din figura 4.

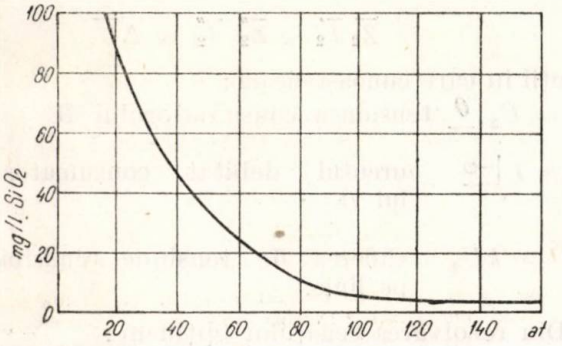


Fig. 4.

Pentru a preveni ca silicaţii antrenaţi în picăturile de apă din cazan să se depună ca silice amorfă, se va elimina bioxidul de carbon din apa de alimentare, atât cel liber cât şi cel din carbonaţi.

Dacă în apa cazanului (deci şi în soluţia picăturilor antrenate) există între alcalinitate şi conţinutul în bioxid de siliciu, raportul $NaOH/SiO_2 > 2$, silicaţii (Na_2SiO_3 şi $Na_2Si_2O_5$) nu au tendinţa de a se hidroliza şi, în lipsa CO_2 din abur, depunerile de silicaţi vor fi solubile, mai uşor de îndepărtat. În cazul unui raport mai mic, iau naştere chiar în lipsa CO_2, depuneri insolubile de silice (SiO_2). Practica preserie valori pentru raportul $NaOH/SiO_2 \cong 10$, adică concentraţia în NaOH să fie de cca 10 ori mai mare decât aceea a bioxidului de siliciu. La nevoie se adaugă apei din cazan substanţe alcaline (NaOH, KOH) pentru a realiza acest raport. Dacă însă menţinerea acestui raport provoacă o alcalinitate prea mare a apei din cazan, trebuesc luate măsuri pentru a desilica parţial sau total apa de adaus.

Pentru cazane cu presiune de 100 ata şi mai mare, raportul dintre alcalinitate şi SiO_2 a apei din cazan şi din abur e dată de diagramele din figura 5.

Pe măsură ce creşte alcalinitatea, exprimată în valori pH, conţinutul în SiO_2 din abur (la aceeaş concentraţie în SiO_2 a apei din cazan) scade. Pentru a nu depăşi un conţinut de 0,05 mg SiO_2/kg în abur, la o alcalinitate a apei din cazan de pH = 8,5 — conţinutul maxim în SiO_2 este 3 mg/l; pentru pH = 10, el poate fi de 5 mg/l.

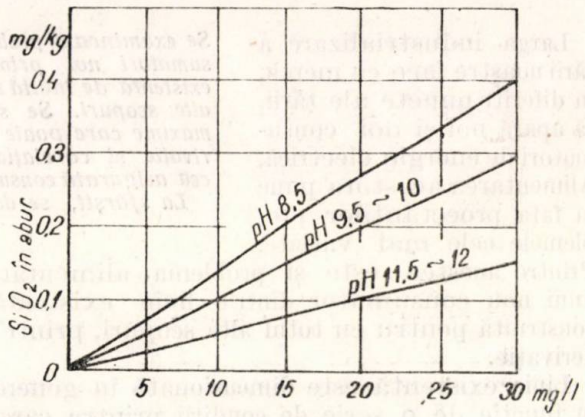


Fig. 5.

Se mai poate recurge şi la tratarea apei din cazan spre a menţine în ea anumite raporturi dintre substanţele în soluţie (în ce priveşte natura şi concentraţia lor reciprocă) spre a preveni antrenarea. Aceste măsuri se referă la alte substanţe decât silicea şi alcalinitatea.

Pentru micşorarea depunerilor în supraîncălzitor, se transformă sărurile categoriei a II-a în săruri de categoria I-a, de pildă prin adaus de Na_2CO_3, care se hidrolizează. Soluţia nu e însă indicată pentru cazane de presiune mai mare, căci se obţin soluţii saturate de NaOH, care provoacă depuneri în turbină.

Pentru a micşora depunerile în turbină, se măreşte concentraţia substanţelor din categoria II-a sau se transformă cele din categoria I-a în categoria II-a. Pentru aceasta se adaugă apei din cazan sulfat de sodiu sau fosfat disodic, dacă concentraţia în săruri nu creşte prea mult prin aceasta. De regulă se adaugă fosfat trisodic apei de alimentare, apei de adaus sau apei din cazan.

Trebue acordată atenţia cuvenită şi dispozitivelor de separare şi uscare a aburului, în cazul că murdărirea aburului persistă, chiar atunci când condiţiile chimice ale apei din cazan sunt respectate.

Puritatea aburului se determină în exploatare, în mod exact, prin conţinutul său în substanţe solide, exprimate prin reziduul la evaporare, în mg/l.

Pentru controlul curent al purităţii aburului saturat, se măsoară conductibilitatea electrică a condensatului obţinut, de preferinţă cu aparate indicatoare amenajate pe panoul de control al cazanului. Conductibilitatea electrică dă indicaţiuni asupra conţinutului aburului în substanţe cari, în soluţia condensatului, sunt disociate electrolitic; celelalte substanţe nedisociate, cum ar fi SiO_2, nu sunt cuprinse în această măsurătoare; ele se vor determina prin analiza chimică.

Bibliografie

Zenchevici J. V.: Formarea depunerilor de săruri în circulaţia aburului la instalaţiile termice de forţă. Moscova 1948.

Scrob M. S.: Pregătirea şi tratarea apei industriale. Moscova 1950.

★

СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ В ПАРОВЫХ ТУРБИНАХ

Резюме

Автор детально рассматривает твердые отложения солей в котлах и турбинах.

Описываются характеристики отлагающихся солей и указываются необходимые мероприятия для предотвращения накипеобразования.

APRECIEREA PUTERII MAXIME PENTRU RACORDURILE INTRODUSE PE LINII DE INALTĂ TENSIUNE

Ing. H. ALBERT

Se examinează problema alimentării unor consumatori noi printr'o derivație din linia existentă de înaltă tensiune, construită pentru alte scopuri. Se stabilește valoarea puterii maxime care poate fi luată prin această derivație și corelația între această putere și cea asigurată consumatorului la capătul liniei. La sfârșit, se dă un exemplu de calcul.

Larga industrializare a țării noastre face ca mereu, în diferite puncte ale țării, să apară noi și noi consumatori de energie electrică. Alimentarea acestora pune în fața proectanților problemele cele mai variate. Printre acestea este și problema alimentării unui nou consumator dintr'o linie existentă, construită pentru cu totul alte scopuri, printr'o derivație.

Linia existentă este dimensionată în general în funcție de o serie de condiții printre care: puterea cerută de consumatorul dela capătul ei (P), factorul de putere al acestui consumator ($\cos\varphi$), căderea de tensiune admisibilă pe linie ($\Delta\overline{U} = \overline{U}_1 - \overline{U}_2$). Prin crearea unei derivații într'un punct C al acestei linii, se pune problema:

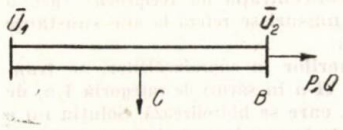


Fig. 1.

care va fi puterea maximă ce poate fi dată prin acest racord, pentru aceiași cădere de tensiune admisibilă pe linie și cum influențează crearea acestei derivații asupra puterii ce poate fi asigurată consumatorului din capul liniei.

Obiectul prezentului articol este tocmai de a stabili puterea maximă ce poate fi dată prin această derivație și relația dintre această putere și cea asigurată consumatorului din capul liniei.

Pentru mai multă generalitate s'au presupus trei cazuri:

a) Linia existentă are cele două circuite de lungime diferite însă cu aceleași caracteristici (două linii cu simplu circuit, pe trasee diferite, însă cu aceleași caracteristici).

b) Linia existentă are ambele circuite identice ca lungime și secțiune (linie cu dublu circuit pe aceiași stâlpi).

c) Linia are cele două circuite de lungime și secțiune diferite (caz întâlnit atunci când al doilea circuit s'a construit cu mult mai târziu; uneori pe o linie sunt conductori de cupru iar pe cealaltă de oțel-aluminiu).

Cazurile *a* și *b* s'au studiat aci concomitent considerându-se întâi $l_1 \neq l_2$ și apoi particularizându-se rezultatul pentru $l_1 = l_2$.

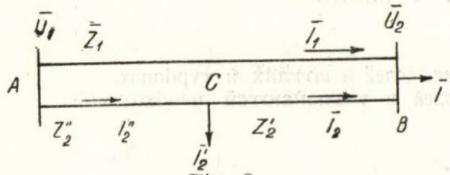


Fig. 2.

Să scrim ecuațiile de funcționare pe o linie cu dublu circuit AB pe care, dintr'un punct C, se creiază o derivație.

Pentru mai multă simplitate în studierea relațiilor vom înlocui puterile prin curenții corespunzători.

Se obțin astfel:

$$\bar{Z}_1\,\bar{I}_1 = \Delta\bar{U}$$

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \bar{I}$$

$$\bar{I}_2 + \bar{I}'_2 - \bar{I}''_2 = 0$$

$$\bar{Z}'_2\,\bar{I}'_2 + \bar{Z}''_2\,\bar{I}''_2 = \Delta\bar{U}$$

relații în care cunoaștem pe:

$\overline{U}_2 = U_2\,|\underline{0}$ tensiunea consumatorului B

$\bar{I} = I\,|\underline{-\varphi}$ curentul debitat consumatorului B

$\Delta\overline{U} = kU_2$ căderea de tensiune admisibilă pe linie.

Din rezolvarea ecuațiilor obținem:

$$\bar{I}_1 = \frac{\Delta\bar{U}}{\bar{z}_1} = \frac{\Delta\bar{U}\,|\underline{\theta}}{z_1\,|\underline{\psi_1}} = \frac{\Delta U\,|\underline{\theta-\psi_1}}{z_1} = I_1\,|\underline{-\varphi_1}$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I} - \bar{I}_1 = I\,|\underline{-\varphi} - \frac{\Delta U}{z_1}\,|\underline{\theta-\psi_1}$$

$$\bar{I}'_2 = \frac{\Delta U}{\bar{Z}''_2}\,\frac{\bar{z}_1 + \bar{z}_2}{\bar{Z}_1} - I\,\frac{\bar{z}_2}{\bar{Z}''_2} \qquad (\bar{Z}_2 = \bar{Z}'_2 + \bar{Z}''_2)$$

In aceste relații nu este determinat decalajul căderii de tensiune. Determinarea lui se poate face presupunând un anumit factor de putere în funcționarea pe linii (d. ex. la $\cos\varphi_1 = 0{,}8$). Determinarea acestui factor de putere și deci a încărcării liniilor este rațional să se facă pe baza minimelor de pierderi în rețea.

a) Să considerăm acum două linii de lungimi diferite ($l_1 \neq l_2$) însă cu aceleași caracteristici. Să presupunem că pe aceste linii nu există nicio derivație. In acest caz, pentru o cădere de tensiune maximă admisibilă ΔU rezultă o putere

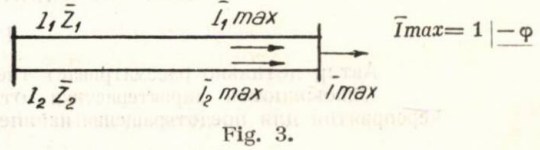


Fig. 3.

maximă care poate fi dată consumatorului din capătul liniei sub un anumit cos φ (caracteristic acestui consumator). Dacă notăm cu :

$$\bar{I}_{\max *} = 1 \,\underline{|-\varphi} \text{ și } \bar{U}_2 = 1 \,\underline{|0}$$

curentul și tensiunea care corespund acestei puteri maxime atunci obținem pentru curenții de pe cele două linii :

$$\bar{I}_{1\max *} = 1 \,\underline{|-\varphi} \frac{\bar{z}_1}{z_1 + z_2}$$

Condiția de tensiune ne dă :

$$\Delta U_* = k \,\underline{|\theta} = \bar{I}_{1\max *} \bar{Z}_{1*} = \bar{I}_{2\max *} \bar{Z}_{2*}$$

sau dacă notăm cu :

$$\bar{z}_1 = \bar{z}_2 = \bar{z}$$

valoarea impedanței unitare, aceiași pentru ambele circuite :

$$k \,\underline{|\theta} = 1 \,\underline{|-\varphi} \frac{l_2}{l_1 + l_2} \cdot \bar{Z}_{1*}$$

de unde :

$$\bar{Z}_{1*} = \frac{k \,\underline{|\theta}}{1 \,\underline{|-\varphi}} \frac{l_1 + l_2}{l_2}$$

și analog

$$\bar{Z}_{2*} = \frac{k \,\underline{|\theta}}{1 \,\underline{|-\varphi}} \frac{l_1 + l_2}{l_1}$$

$$\bar{z}_* = \frac{k \,\underline{|\theta}}{1 \,\underline{|-\varphi}} \frac{l_1 + l_2}{l_1 \cdot l_2}$$

Inlocuind valorile obținute în expresia lui $\bar{I}_2'$ obținem :

$$\bar{I}'_{2*} = k \,\underline{|\theta} \frac{l_1 + l_2}{\frac{l''_2 \, k \,\underline{|\theta}}{1 \,\underline{|-\varphi}} (l_1 + l_2)} - I_* \frac{l_2}{L_2}$$

(1) $$\bar{I}'_{2*} = \frac{l_2}{L''_2} \left[1 \,\underline{|-\varphi} - \bar{I} \right]$$ relația exprimată în unitățile relative cu :

$$I_{\text{bază}} = I_{\max}$$

$$U_{\text{bază}} = U_2$$

în care :

$1 \,\underline{|-\varphi}$ = curentul maxim — limitat de căderea de tensiune admisă pe linii — ce poate fi dat consumatorului din capătul liniei, dacă nu există nici o derivație pe linie.

$\bar{I}$ = curentul ce este dat consumatorului din capătul liniei pentru cazul existenței derivației pe linie.

l_2 = lungimea circuitului pe care se află derivația.

l''_2 = distanța dela punctul de alimentare până la derivație, măsurată pe circuitul de alimentare.

Această relație ne arată că racordul depe linie are o valoare bine definită în funcție de :

1) amplasament (l''_2).

Cu cât derivația este amplasată mai aproape de centrul de alimentare, puterea dată prin ea poate fi mai mare. Teoretic, chiar în centrul de alimentare ea apare ca infinită, fapt explicat prin aceea că, condiția de tensiune impusă de noi nu este în acest caz afectată de prezența derivației.

2) puterea pe care o dăm consumatorului din capătul liniei ($\bar{I}$).

Se vede că, cu cât se va face o reducere mai importantă a puterii date consumatorului din capătul liniei, cu atât se va putea asigura o putere mai mare prin racord.

Pentru a sesiza mai bine această dependență $\bar{I}'_2 = f(I)$ să luăm în considerare cazul cel mai frecvent, când consumatorul din capul liniei își menține caracteristica de funcționare (cos φ) independent de puterea totală pe care o absoarbe. Obținem atunci, din relația (1) :

$$\bar{I}'_{2*} = \frac{l_2}{l''_2} \,\underline{|-\varphi} \left[1 - I_* \right]$$

care ne conduce la curbele de mai jos (fig. 4) :

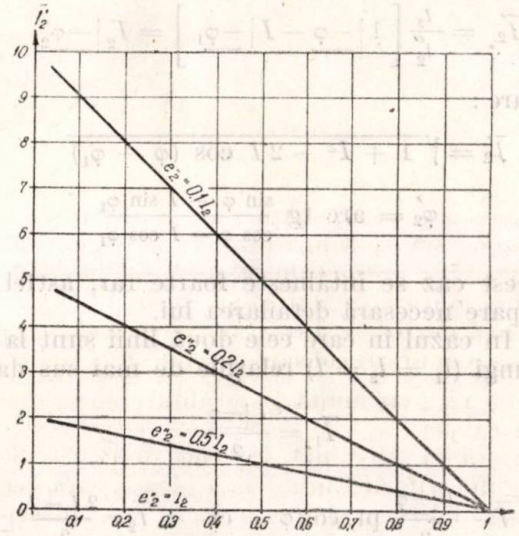


Fig. 4.

Se vede că o reducere mică a puterii la consumatorul din capătul liniei (d. ex. 10% : $I_* = 0{,}9$) ne poate permite pentru condițiile de funcționare alese un racord corespunzând unui curent variind între limite foarte mari, funcție de amplasament (pentru $l''_2 = 0{,}1\, l_2$ $I'_{2*} = l$ iar pentru $l''_2 = l_2$ $I'_{2*} = 0$).

Trebue remarcat că puterile debitate prin racord se pot determina exact numai ținând seama de tensiunea care se va aplica în punctul de racord și care va avea forma :

$$\bar{U}'_{2*} = 1 \,\underline{|0} + \Delta \bar{U}'_{2*}$$

în care :

$$\Delta \bar{U}'_{2*} = \bar{I}'_{2*} \bar{Z}'_{2*} = \left[I_* (l_1 + l_2) - l_2 \right] \frac{l'_2}{l_1 l_2} \, k \,\underline{|\theta}$$

Pentru un prim calcul, prin care dorim să fixăm doar ordinul de mărime al puterii unui anumit racord, cu o poziție bine determinată și pentru o reducere cunoscută a puterii dată consumatorului din capătul liniei, se poate neglija influența lui $\Delta U_2'$, care știm că nu poate aduce corecții mai mari decât k (în general de ordinul 10%) pentru $\theta = 0$ și $l_2'' = 0$.

In cele expuse mai sus ca și în trasarea curbelor nu s'a luat în considerare cazul $I < I_1$ (inclusiv $I = 0$). Acest caz ar corespunde alimentării racordului prin funcționare în buclă și condiția impusă de noi privind căderea de tensiune nu mai este rațională, căderea maximă de tensiune fiind acum pe parcursul $ADBC$. (Cazul corespunde situației în care consumatorul din capătul liniei este înlocuit cu racordul).

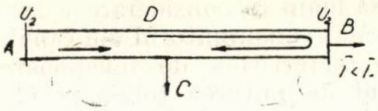


Fig. 5.

Dacă factorul de putere la consumatorul din capătul liniei variază cu scăderea sarcinii sub valoarea maximă, relația (1) devine:

$$\overline{I}_{2_*}' = \frac{l_2}{l_2''}\left[1\,\underline{|-\varphi} - I\,\underline{|-\varphi_1}\right] = I_2'\,\underline{|-\varphi_2'}$$

în care:

$$I_2' = \sqrt{1 + I^2 - 2I\cos(\varphi - \varphi_1)}$$

$$\varphi_2' = \operatorname{arc\,tg}\frac{\sin\varphi - I\sin\varphi_1}{\cos\varphi - I\cos\varphi_1}$$

Acest caz se întâlnește foarte rar, astfel că nu apare necesară detailarea lui.

b) In cazul în care cele două linii sunt la fel de lungi ($l_1 = l_2 = l$) relațiile de mai sus dau:

$$\overline{I}_{1_*} = \frac{l\,\underline{|-\varphi}}{2}$$

$$\overline{I}_{2_*} = \overline{I} - \frac{l\,\underline{|-\varphi}}{2} \quad \text{pt. } \cos\varphi = \text{ct} \qquad \overline{I}_2 = \frac{2I - l}{2}\,\underline{|-\varphi}$$

$$\overline{I}_{2_*}' = \frac{l}{l_2''}\left[l\,\underline{|-\varphi} - I\right] \text{ pt. } \cos\varphi = \text{ct}$$

$$\overline{I}_2' = \frac{l}{l_2''}\left[l - I\right]\underline{|-\varphi}$$

$$\Delta\overline{U}_2' = \left[\overline{I} - \frac{l\,\underline{|-\varphi}}{2}\right]\frac{l_2'}{l}\,\frac{2k\,\underline{|\theta}}{l\,\underline{|-\varphi}};$$

$$\Delta U_2' = (2I - 1)\,\frac{l_2'}{l}\cdot k\,\underline{|\theta}$$

c) Să presupunem acum că cele două linii au reactanțele unitare diferite. Fie raportul acestor reactanțe:

$$\frac{\overline{z}_1}{z_2} = \overline{\alpha}$$

In acest caz, dacă luăm aceleași elemente de bază ca mai sus ($\overline{I}_{max} = 1\,\underline{|-\varphi}$; $\overline{U}_2 = 1$) obținem:

$$\overline{I}_{*} = 1\,\underline{|-\varphi}\,\frac{\overline{Z}_2}{Z_1 + Z_2} = 1\,\underline{|-\varphi}\,\frac{\overline{z}_2 l_2}{\overline{\alpha}\,\overline{z}_2 l_1 + z_2 l_2} = 1\,\underline{|-\varphi}\,\frac{l_2}{\overline{\alpha}\,l_1 + l_2}$$

și analog:

$$\overline{I}_{2_*} = l\,\underline{|-\varphi}\,\frac{\overline{\alpha}\,l_1}{\overline{\alpha}\,l_1 + l_2}$$

Scriind ca și mai sus:

$$\Delta\overline{U} = \overline{I}_1\,\overline{Z}_1$$

se obține (folosind relațiile din cazul unei linii fără derivație):

$$\overline{Z}_{1_*} = \frac{k\,\underline{|\theta}}{1\,\underline{|-\varphi}\,\frac{I_2}{\overline{\alpha}\,l_1 + l_2}} \quad \text{sau:} \quad \overline{z}_{1_*} = \frac{k\,\underline{|\theta}}{l\,\underline{|-\varphi}}\cdot\frac{\overline{\alpha}\,l_1 + l_2}{l_1\,l_2}$$

$$\text{și } \overline{z}_{2_*} = \frac{k\,\underline{|\theta}}{l\,\underline{|-\varphi}}\cdot\frac{\overline{\alpha}\,l_1 + l_2}{\overline{\alpha}\,l_1\,l_2}$$

Expresia generală a lui:

$$\overline{I}_2 = \Delta U - \frac{\overline{z}_1 + \overline{z}_2}{z_2''\,z_1} - \overline{I}\,\frac{z_2}{z_2''}$$

va deveni în acest caz:

$$\overline{I}_{2_*} = k\,\underline{|\theta}\,\frac{\frac{k\,\underline{|\theta}}{l\,\underline{|-\varphi}}(\overline{\alpha}\,l_1 + l_2)\left[\frac{l}{l_2} + \frac{l}{\overline{\alpha}\,l_1}\right]}{l_2''\,l_1\left[\frac{\overline{\alpha}\,l_1 + l_2}{l_1 l_2}\right]^2\frac{l}{\overline{\alpha}}\left(\frac{k\,\underline{|\theta}}{l\,\underline{|-\varphi}}\right)^2}\cdot\overline{I}_*\,\frac{l_2}{l_2''}$$

$$\overline{I}_{2_*}' = \frac{l_2}{l_2''}\,\underline{|-\varphi} - \overline{I}_*\,\frac{l_2}{l_2''} = \frac{l_2}{l_2''}\left[l\,\underline{|-\varphi} - \overline{I}_*\right]$$

Se observă că expresia curentului de derivație nu este cu nimic influențată de faptul că liniile au sau nu aceleași caracteristici.

Observăm deasemeni că această expresie a curentului I_2' se regăsește și în cazul unei linii cu simplu circuit având o derivație într'un punct al ei. Acest fapt se explică prin aceea că condițiile impuse mai sus conduc la $\overline{I}_1 = \text{ct}$ și deci pentru un același $\overline{I}$ la $\overline{I}_2 = \text{ct}$.

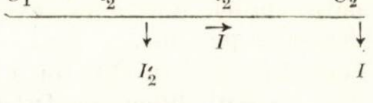


Fig. 6.

Puterea dată prîn racord va fi însă în cazul liniilor cu caracteristici diferite alta decât cea debitată în cazul a două linii cu caracteristici identice, încărcarea pe fiecare din cele două cir-

cuite variind, ($\bar{I}_2$ este în acest caz diferit de cel obținut pentru liniile identice) și deci :

$$\Delta U'_{2_*} = \frac{k\,|\underline{\theta}}{l\,|\underline{-\varphi}} \cdot \frac{\bar{\alpha} l_1 + l_2}{\bar{\alpha} l_1 l_2} l'_2 \left[\bar{I} - l\,|\underline{-\varphi} \frac{l_2}{\bar{\alpha} l_1 + l_2} \right]$$

va fi diferit de

$\Delta U_2'$ obținut anterior

Pentru un factor de putere la consumatorul din capătul liniei, independent de puterea luată de consumator, se obține :

$$(2) \quad \begin{cases} \bar{I}_1 = l\,|\underline{-\varphi} \frac{l_2}{\bar{\alpha} l_1 + l_2} \\ \bar{I}_2 = \bar{I} - \bar{I}_1 \\ \bar{I}'_2 = \frac{l_2}{l''_2}(l - I)\,|\underline{-\varphi} \\ \Delta U'_2 = k\,|\underline{\theta} \left[I(\bar{\alpha} l_1 + l_2) \right] \frac{l'_2}{\bar{\alpha} l_2 l_1} \end{cases}$$

In concluzie : unui nou consumator alimentat printr'un racord dintr'o linie existentă, pentru :

1) — o anumită cădere de tensiune maximă admisă pe linie (ΔU)

2) — o putere bine determinată dată consumatorului din capătul liniei ($\bar{I}$)

i se poate asigura o putere *care este limitată* de condițiile de mai sus 1 și 2 și de distanța dela punctul de alimentare la noul consumator.

EXEMPLU DE CALCUL

1) Pe o linie cu dublu circuit de 110 kV, lungă de 110 km, având conductorii 240 Ot Al ($R = 10{,}6\ \Omega$; $X = 21{,}8\ \Omega$) se execută un racord la 55 km distanță de sursa de alimentare. Care este puterea maximă ce poate fi dată prin racord dacă consumatorului din capătul liniei trebue să i se asigure o putere de 45 MVA la $\cos \varphi = 0{,}8$ și căderea de tensiune de pe linie nu poate depăși 10%. Determinăm puterea maximă ce poate fi dată pe linie pentru $\Delta U = 10\%$. Neglijând căderea de tensiune transversală se obține :

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} \text{ sau } I_{\max} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{R\cos\varphi + X \sin\varphi}$$

$$I_{\max} = \frac{0{,}1 \cdot 110}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10{,}6 \times 0{,}8 + 21{,}8 \times 0{,}6} = 0{,}294 \text{ kA} = I_{\text{bază}}$$

$$S_{\max} = 56 \text{ MVA} = S_{\text{bază}}$$

Puterii de 45 MVA cerută de consumator îi va corespunde :

$$I = 0{,}236 \text{ kA. Deci } I_* = 0{,}8$$

Din grafic obținem pentru

$$I_* = 0{,}8 \text{ și } l''_2 = 0{,}5\ l_2$$

$$I'_{2_*} = 0{,}4 \text{ sau } I'_2 = 0{,}4 \times 0{,}294 = 0{,}118 \text{ kA}$$

Intr'o primă aproximație am fi putut spune că puterea dată prin racord poate fi de

$$S_{racord} = 0{,}4 \times 56 = 22{,}4 \text{ MVA}$$

Pentru un calcul mai exact ținând seama și de $\Delta U_2'$ se obține componenta longitudinală (neglijăm pe cea transversală ca fiind foarte mică)

$$U_2' \cong 114 \text{ kV}$$

$$S_{racord} = 23{,}2 \text{ MVA}$$

Se vede deci că în calculele practice poate să nu se țină seama de corecția adusă de $\Delta U_2'$.

b) Pe o rețea ca cea din figură se cere să se determine ce putere poate fi dată în punctul B, pentru o cădere de tensiune $\Delta U_{\max} = 10\%$.

Linia AC $R = 10{,}2\ \Omega$ $\bar{z}_2 = 0{,}42\ |\underline{70^0}$

$X = 24\ \Omega$ $\varkappa = 0{,}4\ \Omega/\text{km}$

$r = 0{,}17\ \Omega/\text{km}$

Linia ABC $R = 12{,}6\ \Omega$ $r = 0{,}14\ \Omega/\text{km}$

$X = 35{,}6\ \Omega$ $x = 0{,}396\Omega/\text{km}$

$\bar{z}_1 = 0{,}435\ |\underline{67^0}$

$$\bar{\alpha} = \frac{0{,}435}{0{,}42}\,|\underline{-3^0} = 1{,}03\,|\underline{-3^0}$$

$$R_t = 5{,}7 \quad X_t = 14{,}4$$

$$I_{\max} = \frac{0{,}1 \cdot 110}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{5{,}7 \times 0{,}8 + 14{,}4 \times 0{,}6} = 0{,}480 \text{ kA}$$

$$S_{\max} = 92 \text{ MVA}$$

Puterii cerute de consumator îi corespunde ;

$$I = 0{,}460 \text{ kA} \qquad \frac{I}{I_{\max}} = 0{,}96$$

$$l''_2 = \frac{50}{90} l_2 = 0{,}555\ l_2$$

Pentru $I_* = 0{,}96$ și $l''_2 = 0{,}555\ l_2$

$I'_{2_*} = 0{,}02$ $\qquad I_2' = 0{,}0096$ kA

Neglijând corecția adusă de $\Delta U'_2$: $S_{racord} = 1{,}94$ MVA.

Repartiția curenților pe cele două ramuri se face conform relațiilor (2).

★

ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ

Резюме

Рассматривается вопрос питания нового потребителя ответвлением от существующей линии, сооруженной для других целей. Устанавливается значение максимальной мощности которая может быть взята от этого ответвления и соотношение между этой мощностью и мощностью обеспеченой потребителю на конце линии.

В конце статьи дается пример рассчёта.

ASPECTELE TEHNICO-ECONOMICE ALE PROBLEMEI FACTORULUI DE PUTERE

CAUZELE ŞI EFECTELE SCĂDERII FACTORULUI DE PUTERE

Prof. dr. ing. G. PETRESCU

In acest articol — primul dintr'o serie având ca obiect problema îmbunătăţirii factorului de putere, în reţelele electrice, privită sub diferitele ei aspecte tehnico-economice — după ce se subliniază importanţa îmbunătăţirii factorului de putere şi se arată care sunt caracteristicele tehnico-economice care condiţionează această îmbunătăţire, se studiază cele două aspecte fundamentale ale problemei: cauzele şi efectele scăderii factorului de putere. In primul rând, sunt examinate caracteristicele reactive şi deformante ale diferiţilor receptori din reţelele electrice care determină scăderea factorului de putere: motoare asincrone, transformatori, redresori, cuptoare cu arc, linii electrice. In al doilea rând, sunt expuse diferitele efecte ale scăderii factorului de putere, mărirea pierderilor, supradimensionarea instalaţiilor, reducerea posibilităţii de încărcare a instalaţiilor cu putere reală, creşterea căderilor de tensiune, necesitatea supradimensionării întrerupătorilor automaţi, limitarea sarcinei şi instabilitatea în funcţionarea maşinilor sincrone în sarcină capacitivă.

Problema îmbunătăţirii factorului de putere în reţelele electrice constitue una din chestiunile care, deşi au fost foarte mult desbătute, nu sunt încă epuizate.

Tehnicienii din ţara noastră au adus însemnate contribuţii teoretice la rezolvarea acestei probleme. Chiar în cadrul revistei „Electricitatea" au fost publicate până acum mai multe articole, tratând diferitele ei aspecte *). Totuşi, problema îmbunătăţirii factorului de putere nu a fost încă rezolvată nici din punct de vedere practic, nici chiar din punct de vedere principial.

In ţara noastră, problema îmbunătăţirii factorului de putere a căpătat o importanţă excepţională prin punerea în aplicare a planului de electrificare a ţării.

Problema îmbunătăţirii factorului de putere capătă o importanţă mai mare faţă de situaţia din trecut, dacă se ţine seama că până în anii trecuţi energia electrică era produsă în cea mai mare parte prin centrale locale cu combustibili superiori, utilizându-se într'o măsură redusă transportul la distanţă.

Dimpotrivă, în cadrul planului de electrificare, energia electrică fiind produsă în centrale mari, plasate în vecinătatea surselor de energie eftină şi utilizându-se în mare măsură transportul la distanţă, valoarea factorului de putere va avea o influenţă mai mare, atât din punct de vedere al investiţiilor, cât şi al pierderilor în instalaţiile de transport.

Nu este însă suficient de a se stabili necesitatea îmbunătăţirii factorului de putere în reţelele electrice şi de a se cunoaşte, în principiu, mijloacele care trebue folosite pentru îmbunătăţirea factorului de putere.

Pentru rezolvarea acestei probleme, trebue găsite soluţiile practice de aplicare a acestor mijloace în diferitele cazuri care intervin în problemele de transport şi distribuţie.

Intr'adevăr, aplicarea practică a mijloacelor de îmbunătăţire a factorului de putere antrenează mari investiţii şi cere importante cantităţi de maşini sau aparate electrice.

Din această cauză, soluţiile care trebue adoptate în rezolvarea problemei factorului de putere trebue studiate în mod aprofundat, luând în considerare diferitele aspecte tehnico-economice pe care le prezintă această problemă în cazul ţării noastre şi în mod special:

a) **Limitele în care este avantajoasă ameliorarea factorului de putere, în diferitele cazuri uzuale întâlnite în practica industrială;**

b) **Care dintre mijloacele de îmbunătăţire cunoscute sunt cele mai indicate în fiecare din aceste cazuri, ţinându-se seama de condiţiile de procurare.**

c) **Care este amplasamentul cel mai favorabil pentru fiecare din aceste cazuri;**

d) **Care este ordinea cea mai raţională în executarea diferitelor instalaţii de îmbunătăţire a factorului de putere;**

e) **Care sunt principiile pe care trebue să se bazeze programul de ansamblu al lucrărilor de îmbunătăţire a factorului de putere.**

Pentru a se putea trage concluzii juste în legătură cu toate aceste aspecte, este necesar în primul rând să fie cunoscute cauzele care determină scăderea factorului de putere şi punctele în care sunt localizate aceste cauze, precum şi efectele cu caracter tehnico-economic, pe care le antrenează scăderea factorului de putere.

Aceste aspecte ale factorului de putere constitue obiectul prezentului articol.

Intr'o serie de articole viitoare vor fi examinate şi celelalte aspecte ale problemei factorului de putere, şi anume:

— Măsurile tehnico-organizatorice pentru îmbunătăţirea factorului de putere natural al receptorilor din reţelele electrice.

— Mijloacele artificiale de îmbunătăţire a factorului de putere şi în special condensatorii statici (caracteristice tehnico-economice, domeniu de utilizare);

— Bazele tehnico-economice ale programului de îmbunătăţire a factorului de putere.

In examinarea acestor probleme, se vor considera cunoscute toate aspectele teoretice privind factorul de putere în regim sinusoidal şi nesinusoidal, adică noţiunile de putere aparentă, putere reactivă, putere deformantă, — semnificaţia lor fizică, principiul conservării puterii lor, precum şi celelalte proprietăţi ale lor. Se vor reaminti numai câteva definiţii pentru noţiunile de factor de putere, factor reactiv şi factor deformant, de care se va face uz în mod curent în expunere.

Sub forma cea mai generală, factorul de putere în curent alternativ monofazat este raportul k între puterea P şi puterea aparentă $S = U \times I$.

$$k = \frac{P}{UI} \quad \text{sau} \quad k = \frac{P}{S}$$

Noţiunea de putere aparentă este deosebit de importantă, deoarece ea reprezintă puterea nominală pentru care se dimensionează toate maşinile şi instalaţiile electrice în curent alternativ.

In regim sinusoidal, puterea aparentă rezultă din compunerea vectorială a puterii reale P şi a puterii reactive Q

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

iar valoarea factorului de putere rezultă din relaţia

$$k = \cos \varphi = \frac{6\ P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

---

*) *C. Budeanu* (în colaborare). Problema factorului de putere în instalaţiile din R.P.R. în special cu aplicaţie la instalaţiile de petrol. Electricitatea ASIT 1950 Nr. 1.

C. Budeanu. Aspecte tehnice ale fenomenelor reactive şi deformante. Electricitatea ASIT 1951, Nr. 2 şi 3.

G. Petrescu. Imbunătăţirea factorului de putere prin maşini cu colector. Electricitatea ASIT 1952 Nr. 6.

În regim nesinusoidal, puterea aparentă rezultă din compunerea vectorială a puterii reale P, a puterii reactive Q și a puterii deformante D

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

și

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

Noțiunile de putere reactivă și putere deformantă prezintă, din punct de vedere practic, o deosebită importanță, deoarece pierderile de energie în rezistența conductorilor, datorită acestor puteri, sunt independente.

Noțiunea de factor de putere este folosită în special în problemele de dimensionarea instalațiilor electrice, întrucât puterea lor nominală este egală cu puterea aparentă, rezultând din valoarea puterii reale și a factorului de putere.

Dimpotrivă, în problemele privitoare la pierderile suplimentare, datorită puterii reactive și respectiv puterii deformante (în regim nesinusoidal) sunt mai mult folosite noțiunile de factor reactiv și factor deformant.

Factorul reactiv $\rho = \frac{Q}{P}$ este definit în regim sinusoidal prin expresia

$$\rho = \frac{Q}{P} = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} = \operatorname{tg} \varphi$$

În consecință, $Q = \rho P$ și $k = \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \rho^2}}$

Factorul deformant este definit prin expresia

$$\tau = \frac{D}{\sqrt{P^2 + Q^2}}.$$

În acest caz, expresia factorului de putere în regim nesinusoidal este

$$k = \frac{1}{\sqrt{1+\rho^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\tau^2}}$$

În regim sinusoidal, în cazul curentului trifazat echilibrat, sarcinile fiind identice pe cele trei faze, valorile factorului de putere sunt aceleași și în consecință ele sunt egale cu valoarea factorului de putere a sistemului trifazat

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \cos \varphi_3 = \cos \varphi$$

În cazul unui sistem trifazat desechilibrat, valorile factorului de putere pe cele trei faze fiind diferite, se poate defini totuși un factor de putere mediu fictiv al sistemului trifazat, pe baza expresiei

$$k = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

În cazul regimului nesinusoidal, factorul de putere se definește prin raportul

$$k = \frac{P}{S}$$

între puterea reactivă și puterea aparentă.

Definirea puterii aparente în curent trifazat dezechilibrat în regim nesinusoidal prezintă dificultatea că valoarea puterii aparente rezultând din compunerea vectorială a puterii active, reactive și deformante pe cele trei faze

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

poate să fie mai mică de cât suma puterilor aparente pe cele trei faze

$$S < S' = \Sigma U I$$

Într'adevăr, puterile reale și reactive totale în sistemul trifazat sunt egale cu suma puterilor corespunzătoare celor trei faze, deoarece acestea se compun algebric.

În ceeace privește însă puterea deformantă, situația este diferită, deoarece compunerea puterilor deformante elementare nu se face algebric, ci vectorial. Din această cauză, puterea deformantă rezultantă a sistemului trifazat este de cele mai multe ori mai mică decât suma algebrică a puterilor deformante din cele trei faze, care se pot compensa vectorial în parte între ele.

Din această cauză, valoarea factorului deformant în sistemul trifazat rezultant este mai mică decât valoarea factorului deformant în sistemele monofazate componente, iar valoarea factorului de putere în sistemul trifazat este în general mai mare decât aceea din sistemele monofazate componente.

Această particularitate a puterii deformante își găsește o interesantă aplicație în cazul transformatorilor alimentând redresori statici, la care atât factorul de putere cât și factorul deformant au valori cu totul diferite în circuitul primar trifazat față de circuitele secundare monofazate conectate la redresori.

Măsurarea valorii instantanee a factorului de putere în practica industrială se face cu cos φ-metru pe una din faze, considerând că sistemul este sinusoidal și echilibrat.

Valoarea factorului de putere utilizată în tarifarea energiei electrice este însă valoarea factorului de putere mediu, rezultând din expresia

$$k_m = \frac{W}{W_a}$$

în care

$$W = \int_0^t P dt \text{ reprezintă energia reală}$$

iar

$$W_a = \int_0^t UI dt \text{ reprezintă energia aparentă.}$$

În practica industrială nu se măsoară însă energia aparentă W_a ci numai energia reală W, și energia reactivă W_r cu ajutorul contorilor de energie reală și reactivă.

Valoarea factorului de putere mediu rezultă atunci din expresia

$$k'_m = \frac{W}{\sqrt{W^2 + W_r^2}}.$$

Valoarea factorului de putere măsurată în acest fel este însă în general mai mică decât valoarea efectivă $k_m = \frac{W}{W_a}$ deoarece mărimea

$$W = \int_0^t P dt$$

este în general mai mare decât mărimea

$$W_a = \int_0^t S \, dt = \int_0^t \sqrt{P^2 + Q^2} \, dt$$

Aceste două expresii conduc la valori egale pentru puterea aparentă și deci și pentru factorul de putere mediu numai atunci când valoarea factorului de putere instantaneu este constant în timp, adică atunci când raportul $\frac{P}{Q}$ se menține constant.

În cazul general această condiție nu se realizează, totuși eroarea poate fi considerată neglijabilă. În anumite cazuri particulare și în special atunci când energia debitată este jumătate din timp numai energie reală și jumătate din timp numai energie reactivă, ea poate să atingă aproape 30 %.

I. CAUZELE SCĂDERII FACTORULUI DE PUTERE

1. CONSIDERAȚIUNI GENERALE

Scăderea factorului de putere în rețelele electrice este determinată de puterile reactive și deformante, absorbite de diferiți receptori din aceste rețele.

Sunt 2 categorii de receptori de putere reactivă:

a) receptorii care absorb puterea reactivă inductivă, corespunzătoare producerii câmpurilor magnetice, și anume:

— motoarele asincrone;

— mașinile sincrone subexcitate;

— transformatorii statici;

— liniile electrice aeriene funcționând în sarcină și având un efect predominant inductiv.

b) receptorii care absorb puterea reactivă capacitivă sau care, în consecință, produc putere reactivă inductivă :

— mașinile sincrone supraexcitate ;

— condensatorii statici ;

— liniile electrice aeriene de înaltă tensiune sau rețelele electrice în cablu funcționând în sarcină redusă cu un efect predominant capacitiv.

Din punct de vedere funcțional, receptorii reactivi se prezintă sub 2 forme :

a) receptorii inductivi, care absorb, pe lângă curentul principal activ, un curent magnetizant și care pot fi considerați ca receptori de curent reactiv, montați în derivație față de receptorul de putere activă.

In această situație, se găsesc, din punct de vedere al curentului magnetizant absorbit, motoarele asincrone, transformatorii statici și mașinile sincrone subexcitate

In cazul unor astfel de receptori legați la rețele funcționând sub tensiune constantă, fluxul principal al acestor mașini este constant și, în consecință, curentul magnetizant $I\mu$ este și el constant.

Puterea reactivă, care este proporțională cu produsul curentului magnetizant, cu tensiunea la borne $q = k\, U\, I\mu$ este și ea constantă.

Dacă se notează cu L autoinductanța circuitului magnetic principal

$$I = \frac{U}{L\omega} \text{ sau } U = L\omega\ I\mu$$

deci

$$Q = L\omega\ I_{\mu}^{2}$$

In consecință, puterea reactivă absorbită de acest receptor este constantă.

b) Receptorii inductivi care determină o cădere de tensiune inductivă U_i', datorită trecerii curentului principal de sarcină prin autoinductanța lor. Notând cu L' această inductanță

$$U_i' = L'\omega\ I$$

$$Q' = U' = L'\omega\ I^2$$

Rezultă deci că puterea lor reactivă variază cu patratul curentului de sarcină și că ei trebue să fie considerați ca montați în serie cu curentul principal.

In această situație se găsesc mașinile electrice și transformatorii, din punct de vedere al căderii de tensiune în inductanța de scăpări precum și liniile electrice aeriene.

Amândouă aceste categorii de receptori sunt prezentați în schema electrică din fig. 1. Receptorii capacitivi, fie că sunt mașini sincrone supraexcitate, fie că sunt reprezentați prin capacitatea liniilor de transport, fie că sunt condensatori statici, absorb întotdeauna un curent capacitiv și, în consecință, pot fi considerați ca montați în derivație cu rețeaua.

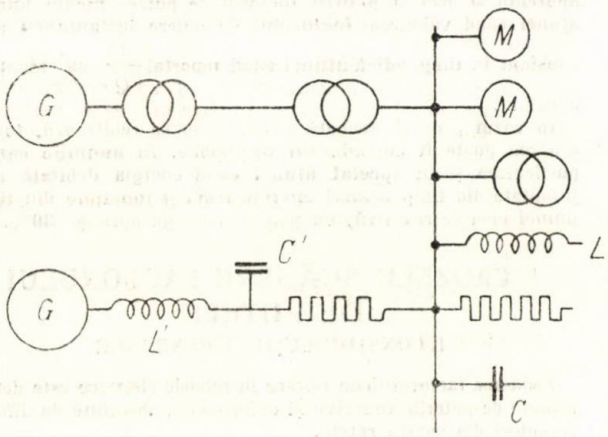


Fig. 1.

Cazul condensatorilor industriali montați în serie cu liniile de transport, în vederea compensării efectului inductiv al acestor linii, este întâlnit mai rar, numai la rețelele de tensiuni înalte, în vederea măririi puterii naturale de transport a acestor linii.

Pentru cazul condensatorilor montați în derivație, puterea reactivă este dată de relația

$$Q = UI_c = U^2\, C\omega$$

In ceeace privește puterea inductivă absorbită de receptori, ea este determinată în cea mai mare parte de curentul magnetizant necesar pentru producerea câmpului magnetic principal din motoarele asincrone și transformatori. Valoarea acestei puteri reactive este proporțională cu volumul circuitelor magnetice în care se produce acest câmp, după cum rezultă din relația de mai jos, în care avem :

R — reluctanța circuitului magnetic
w — numărul de spire
Φ — fluxul maxim
B — câmpul de inducție magnetică
μ — permeabilitatea absolută a fierului
μ_0 — permeabilitatea vidului
μ_r — permeabilitatea relativă a fierului
S — secțiunea medie de flux
l — lungimea circuitului magnetic în fir
λ — lungimea întrefierului
V — volumul de fier
V_0 — volumul de întrefier
f — freevența

și dacă se neglijează dispersiunea, se poate scrie :

$$Q = L\omega\ I_{\mu}^{2} = \frac{4\pi\, w^2}{R}\, 2\pi \cdot f \cdot I_{\mu}^{2} = \left(\frac{4\pi w \sqrt{2}\, I_{\mu}}{R}\right)^2 \times \frac{R}{2}\, f$$

deci

$$Q = \frac{1}{2}\, \Phi^2\, R\, f$$

$$\text{sau } Q = \frac{1}{2}\, B^2\, S^2\, f \left(\frac{1}{\mu S} + \frac{\lambda}{\mu S}\right) = \frac{1}{2}\, B^2\, f\, \frac{1}{\mu_0} \times$$

$$\times \left(\frac{V}{\mu_r} + V_0\right)$$

2. CARACTERISTICELE REACTIVE ALE MOTOARELOR ASINCRONE

Motoarele asincrone reprezintă cel mai important dintre consumatorii de putere reactivă din rețelele electrice.

Curentul magnetizant și în consecință și puterea reactivă absorbită este, procentual, cu mult mai mare în cazul motoarelor asincrone decât în cazul transformatorilor, așa cum rezultă dealtfel din expresia puterii reactive, dedusă mai sus :

$$Q = \frac{1}{2}\, B^2\, f\, \frac{1}{\mu_0}\left(\frac{V}{\mu_r} + V_0\right).$$

Intr'adevăr, considerând că inducția maximă B și permeabilitatea μ ar avea aceeași valoare în motoare ca și în transformatori, volumul de fier V al circuitelor magnetice, în cazul motoarelor, este cu mult mai mare decât a transformatorilor. In plus, la motoare intervine cu o importanță excepțională volumul de întrefier V_0 care, în cazul transformatorilor, este practic inexistent. In vederea măririi factorului de putere al motoarelor asincrone, fabricile de mașini electrice încearcă să construiască motoare cu întrefier cât mai mic, limitat de considerații mecanice privind execuția montajului și uzura lagărelor. Pentru a se înlesni cât mai mult condițiile de lucru de montaj, în vederea reducerii prețului de cost al motoarelor, se recomandă, dimpotrivă, un întrefier mărit, care prezintă și alte avantaje :

— micșorarea forțelor electromagnetice între rotor și stator ;

— micșorarea eventualelor disimetrii ale acestor forțe ;

— micșorarea dimensiunilor carcasei și axului motorului ;

— ușurarea lucrărilor de montaj ;

— îmbunătățirea condițiilor de răcire și reducerea pierderilor în fier, datorite crestăturilor.

In practica industrială, alegerea valorilor întrefierului se face luând în considerare întregul complex de elemente care

intervin în construcţia şi funcţionarea motoarelor, cu o tendinţă marcată a construcţiilor moderne de a se reduce consumul de putere reactivă şi, în consecinţă, de a se obţine o valoare mai ridicată pentru factorul de putere nominal.

Valorile factorului de putere nominal sunt fixate prin standardele de condiţii tehnice privind motoarele asinerone. In ţara noastră, construcţiile motoarelor asinerone de puteri între 1 şi 100 kW pentru tensiuni până la 500 V sunt fixate prin STAS 1764—52.

In cazul special al motoarelor folosite în exploatările miniere şi petrolifere sau în medii conţinând gaze explosibile, necesitatea măririi siguranţei de exploatare a determinat o sporire a valorii întrefierului faţă de motoarele asinerone de tip normal

Intre condiţiile tehnice prevăzute pentru motoarele de acest tip cu întrefier mărit, nu s'a fixat nicio reglementare privitoare la valoarea factorului de putere nominal şi deci la consumul de putere reactivă.

Valoarea factorului de putere real de exploatare al motoarelor asinerone utilizate în reţelele electrice este însă cu mult mai redusă decât valorile nominale prevăzute în standard, din cauză că condiţiile de funcţionare în exploatare sunt complet diferite de condiţiile de funcţionare în regimul nominal. Diferenţa provine pe de o parte din cauza modificărilor în construcţia motoarelor, datorite uzurii lor şi reparaţiilor făcute în condiţii defectuoase.

După cum se va arăta într'un articol viitor, aceste schimbări aduc o creştere a puterii reactive absorbite, în raportul de 110 % până la 200 %. Pe de altă parte, o importantă diferenţă în valoarea factorului de putere real de exploatare este datorită schimbării condiţiilor nominale privind valoarea tensiunii şi în special valoarea sarcinii.

Creşterea tensiunii în reţelele electrice, ducând la o mărire a fluxului în circuitul magnetic şi deci a curentului magnetizant, antrenează o mărire cu atât mai importantă a puterii reactive absorbită, cu cât circuitul magnetic este mai saturat.

Cauza cea mai importantă de reducere a factorului de putere al motoarelor asinerone este însă funcţionarea în condiţiile de exploatare din industrie în sarcină redusă, valoarea factorului mediu de încărcare a motoarelor asinerone utilizate în industrie variind între 0,4 şi 0,6.

Din această cauză, puterea reactivă absorbită de reţelele electrice este datorită, în proporţie de circa 70 %, motoarelor asinerone şi numai circa 20 % transformatorilor statici, restul de circa 10 % fiind datorit liniilor electrice aeriene şi celorlalte elemente ale reţelei (după datele indicate în lucrarea lui L. B. Litvac : „Probleme ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale").

3. CARACTERISTICELE REACTIVE ALE TRANSFORMATORILOR STATICI

Puterea reactivă absorbită de transformatorii statici poate fi deasemenea descompusă, ca şi în cazul motoarelor asinerone, în două componente :

— puterea reactivă de mers în gol

— puterea reactivă suplimentară, datorită căderii inductive în reactanţă de scăpări la funcţionarea în sarcină.

In ceeace priveşte puterea reactivă de mers în gol — spre deosebire de motoarele asinerone, la care întrefierul are o valoare relativ importantă, impusă de consideraţiuni constructive — la transformatori, întrefierul poate fi redus la valori practic neglijabile, astfel încât reluctanţa circuitului magnetic este determinată numai de permeabilitatea tolelor de fier ale circuitului magnetic.

In consecinţă, expresia puterii reactive, în cazul transformatorilor, se reduce la

$$Q = \frac{1}{2} B^2 f \frac{V}{\mu_r} \frac{1}{\mu_0} .$$

Valoarea procentuală a puterii reactive de mers în gol a transformatorilor sau respectiv a curentului magnetizant, raportat la curentul nominal, scade cu creşterea puterii nominale.

Intr'adevăr, puterea unui transformator poate fi exprimată printr'o relaţie de forma

$$P = k\, B \times J \times S_f \times S_{cu} \times f$$

în care

B reprezintă valoarea inducţiei în fier
J „ „ densităţii curentului în conductori
S_f „ „ secţiunea sâmburelui de fier al transformatorului
f „ „ frecvenţa.

Cum valorile inducţiei B şi ale densităţii curentului în conductor J sunt aproximativ constante şi cum valorile secţiunilor de fier şi de cupru sunt proporţionale cu patratul dimensiunilor liniare ale unui transformator, rezultă că puterea lui creşte cu puterea a 4-a a dimensiunilor lui liniare.

Dimpotrivă, după cum s'a arătat mai sus, valoarea puterii reactive absorbită este proporţională cu volumul circuitului magnetic al transformatorului, adică cu puterea a 3-a a dimensiunilor lui.

In consecinţă, puterea reactivă procentuală de mers în gol variază cu puterea $^3/_4$ a dimensiunilor lui şi în consecinţă scade pe măsură ce puterea nominală a transformatorului creşte.

Valorile procentuale ale puterii reactive de mers în gol şi respectiv ale curentului magnetizant de mers în gol sunt fixate în ţara noastră prin standardul de condiţii tehnice pentru transformatorii statici dela 10 la 1800 kVA — STAS 1703—50 — la valori variind între 5 % pentru puteri mari şi 10 % pentru puteri mici.

După indicaţiile date în lucrarea lui Litvac, valoarea medie de exploatare a puterii reactive de mers în gol a transformatorilor reprezintă circa 8 % din puterea lor nominală.

In ceeace priveşte puterea reactivă de mers în sarcină, ea este deasemenea cu mult mai redusă în cazul transformatorilor decât în cazul motoarelor asinerone, întrucât coeficientul de scăpări este considerabil mai mic, datorită faptului că bobinajele sunt montate de aceeaşi parte a sâmburelui, constituit de circuitul magnetic şi datorită faptului că circuitul magnetic este lipsit de întrefier. Ca şi în cazul motoarelor asinerone, puterea reactivă de mers în sarcină creşte cu patratul sarcinii.

Şi în cazul transformatorilor, funcţionarea în condiţii de exploatare se face la o sarcină medie mai redusă decât sarcina nominală, şi valoarea puterii reactive suplimentare în sarcină poate fi apreciată la circa 2 %.

In consecinţă, în condiţii de exploatare, din puterea reactivă absorbită de transformatori, care ar reprezenta circa 10 % din puterea lor nominală în funcţiune, cea mai mare parte, adică 80 %, reprezintă puterea magnetizantă de mers în gol.

4. CARACTERISTICELE REACTIVE ALE LINIILOR ELECTRICE

După cum s'a arătat mai sus, liniile electrice absorb o putere reactivă inductivă $Q = L\omega I^2$, depinzând de inductanţa lor şi care este, în consecinţă, mult mai mare în cazul liniilor aeriene decât în cazul liniilor în cablu substeran.

Liniile electrice absorb o putere reactivă capacitivă şi în consecinţă produc o putere reactivă inductivă $Q = C\omega U^2$, care depinde de capacitatea liniei şi care este mult mai importantă în cazul liniilor în cablu decât în cazul liniilor aeriene. Puterea inductivă a liniilor electrice, fiind proporţională cu patratul curentului, variază cu sarcina.

Puterea capacitivă, fiind proporţională cu patratul tensiunii, este independentă de sarcină şi are valori foarte importante în cazul liniilor electrice de înaltă tensiune, chiar dacă sunt linii aeriene.

Pentru liniile aeriene de 110 kV, valoarea puterii capacitive de construcţie normală este de circa 30 kVAr/km, astfel încât o linie de circa 160 km, cu dublu circuit, produce o putere inductivă de circa 10 000 kVAr.

Puterea inductivă absorbită de o linie electrică Q_1 poate fi descompusă în două componente independente, una datorită curentului activ şi cealaltă datorită curentului reactiv.

Intr'adevăr $Q_1 = L\omega I^2 = L\omega I_a^2 + L\omega I_r^2$

Dat fiind că tensiunea U este constantă, curenţii sunt proporţionali cu puterile respective, astfel încât

$$Q_1 = \frac{L\omega}{U^2} P^2 + \frac{L\omega}{U^2} Q^2.$$

In consecinţă, puterea reactivă transportată prin linie pentru alimentarea receptorilor din reţea determină o creştere

a puterii reactive absorbită de inductanța liniei de transport și de inductanțele de scăpări ale transformatorilor.

Valoarea puterii inductive absorbită de liniile electrice depinde de patratul curenților din aceste linii și, în consecință, de patratul puterii aparente transmisă.

Pentru linii aeriene având tensiuni până la 150...220 kV și pentru sarcini corespunzătoare puterii nominale a liniei, puterea inductivă absorbită depășește în general puterea capacitivă a liniei, astfel încât valoarea factorului de putere se micșorează în lungul liniei, dela utilizare spre centrală.

Pentru tensiunile mai mari de 150...220 kV sau chiar pentru tensiunea de 110 kV, în cazul când linia funcționează în sarcină redusă, puterea inductivă absorbită de linie este inferioară puterii capacitive, astfel încât, prin compensarea care intervine, valoarea factorului de putere crește în lungul liniei spre centrală. In cazul sarcinilor reduse și în special la mersul în gol al liniilor de înaltă tensiune, factorul de putere la centrală poate să fie capacitiv.

5. CARACTERISTICELE PRINCIPALILOR RECEPTORI DEFORMANȚI

Puterea deformantă în rețelele electrice este datorită receptorilor care produc o deformare a curbei curentului în raport cu curba tensiunii și care iau denumirea de receptori deformanți. Acești receptori se împart în două categorii:

a) receptori care produc o deformare a curbei curentului față de curba tensiunii, chiar în cazul când curba tensiunii ar fi sinusoidală și care sunt echivalenți cu o rezistență a inductanței sau a capacității periodic variabilă.

In această situație se găsesc redresorii statici, cuptoarele electrice cu arc, aparatele de sudură cu arc și transformatorii statici sau mașinile electrice funcționând în condiții de saturație ale circuitului magnetic.

b) receptori care produc o deformare a curbei curentului față de curba tensiunii numai în cazul când curba tensiunii este nesinusoidală, cum sunt condensatorii statici și bobinele de inducție.

Redresorii statici și în special redresorii cu mercur, folosiți pentru transformarea curenților alternativi în curenți continui necesari instalațiilor de tracțiune electrică sau necesari industriilor chimice bazate pe electroliză, reprezintă, prin puterile utilizate, receptorii deformanți cei mai importanți.

Deformarea produsă de redresori este provocată de procesul de adaptare a formei curbei curentului alternativ la tendința de a se obține un curent având o valoare cât mai constantă în circuitul de curent continuu.

Transformarea prin redresarea directă a unei curbe de curent alternativ sinusoidal polifazat într'o curbă de curent continuu perfect constant nu este posibilă.

Dacă ea este totuși efectuată cu ajutorul unui redresor, aceasta antrenează o deformare atât a curbei curentului alternativ, cât și a curbei curentului continuu. Gradul de deformare depinde de mecanismul de redresare și în special de numărul de faze ale redresorului precum și de inductanța circuitului de curent continuu. In cazul când circuitul de curent continuu are o inductanță foarte mare, variațiile acestui curent sunt atenuate și valoarea lui rămâne sensibil constantă, astfel încât deformarea se răsfrânge mai mult asupra curbei curentului alternativ.

Dimpotrivă, în cazul când inductanța circuitului de curent continuu este neglijabilă, valoarea curentului redresat urmează în mod proporțional variația tensiunii aplicate și curba curentului alternativ se deformează mai puțin, deformându-se în schimb mai mult curba curentului continuu.

In tabela de mai jos sunt indicate valorile calculate ale factorului de putere și ale factorului deformant în circuitul secundar și în circuitul primar al transformatorului de alimentare a principalelor tipuri de redresori, în ipoteza unei inductanțe infinite în circuitul de curent continuu.

Tabela 1

Transformatorul de alimentare a redresorului	Factor de putere		Factor deformant	
	în secundar	în primar	în secundar	în primar
Redresor trifazat	**0,827**	**0,676**	**0,681**	**1,09**
Redresor hexafazat:				
— fără bobină de absorbție.	e 0,955	0,552	0,314	0,515
— cu bobină de absorbție . .	0,955	0,675	0,314	1,2
Redresor dodecafazat:				
— fără bobină de absorbție. .	0,983	0,604	—	—
— cu bobină de absorbție . .	0,983	0,530	—	—

Din acest tabel se poate constata că în circuitul secundar al transformatorului, factorul deformant, lucrând în regim monofazat, are o valoare mai redusă în raport cu circuitul secundar al redresorului, decât în circuitul primar, unde el lucrează în regim trifazat.

Explicația acestei îmbunătățiri a factorului deformant și respectiv a factorului de putere constă în aceea că diferitele puteri deformante din circuitele monofazate ale unui sistem trifazat se compensează între ele, conducând la o putere deformantă mai redusă pentru întregul sistem trifazat.

Din același tabel se poate constata că redresorii folosiți în mod normal în instalații importante de tracțiune electrică de tipul hexafazat sau dodecafazat au o valoare a factorului de putere din rețeaua de alimentare apropiată de unitate. Numai în cazul redresorilor trifazați, valoarea factorului de putere este mai coborîtă și anume, circa 0,825.

In ceeace privește deformarea curbei curentului în raport cu tensiunea, în cazul cuptoarelor electrice cu arc și aparatelor de sudură electrică cu arc, ea este determinată de faptul că rezistența ohmică a arcului electric este variabilă în cursul unei perioade. Valorile factorului de putere care corespund acestor redresori sunt mai reduse, fiind cuprinse între 0,6 și 0,8. Extinderea fabricației oțelurilor speciale în cuptoare electrice va cere să se examineze în mod mai aprofundat și această problemă.

Deformarea curentului datorită saturației circuitelor magnetice ale mașinilor electrice și transformatorilor este determinată de faptul că, în cursul unei perioade, valoarea curentului de magnetizare absorbit dela rețea nu variază proporțional cu tensiunea aplicată.

Intr'adevăr, după cum se constată din figura alăturată, (fig. 2), pentru valori mai reduse ale tensiunii, care corespund unui regim nesaturat, curentul magnetizant variază proporțional cu inducția și deci cu tensiunea.

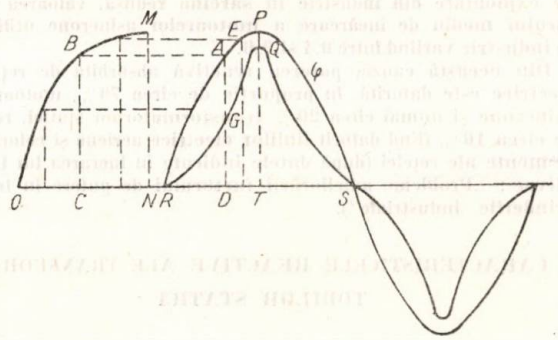


Fig. 2.

Pentru valorile tensiunii apropiate de valoarea maximă P, limita de saturație magnetică fiind depășită, valoarea curentului magnetizant absorbit crește foarte mult, astfel încât curba curentului capătă o formă caracteristică.

In consecință, deformarea curbei curentului și deci puterea deformantă și factorul deformant depind de gradul de saturație al fierului din circuitele magnetice ale transformatorilor și mașinilor electrice magnetizate prin curent alternativ.

Deformarea curbei curentului față de curba tensiunii poate fi produsă și prin condensatori statici sau prin bobine de inducție în cazul când tensiunea alternativă nu este sinusoidală. Deformarea este datorită faptului că, deși acești receptori nu crează armonici noi, amplifică însă în mod diferit în curba curentului, armonicele deja existente în curba tensiunii.

Intr'adevăr, pentru o tensiune nesinusoidală având o armonică de ordinul n

$$U_n = U_n \sin (n\omega t - \psi_n)$$

valoarea amplitudinii armonicii corespunzătoare a curentului va fi

$$I_n = \frac{U_n}{L_n \omega} \quad \text{în cazul unei inductanțe}$$

și $\quad I_n = U_n C_n \omega$ în cazul unei capacitanțe.

Din această relație rezultă că o inductanță atenuează armonicele superioare ale curentului, apropiind forma curentului de sinusoidă la un receptor căruia i se aplică o tensiune nesinusoidală și în schimb amplifică deformarea tensiunii la bornele unui receptor străbătut de un curent nesinusoidal.

Dimpotrivă o capacitanță amplifică armonicele superioare ale curbei curentului în raport cu tensiunea la un receptor căruia i se aplică o tensiune nesinusoidală și în schimb atenuează armonicele superioare ale tensiunii, la bornele unui receptor străbătut de un curent nesinusoidal.

In practica industrială, principalii receptori capacitivi sunt liniile de înaltă tensiune și condensatorii statici utilizați pentru îmbunătățirea factorului de putere.

In cazul când tensiunea rețelei nu este sinusoidală, este posibil ca, prin utilizarea de condensatori statici în vederea producerii puterii reactive, să se ajungă la consumarea unui important curent deformant și deci a unei importante puteri deformante, care să aibă o influență defavorabilă asupra factorului de putere.

Astfel, în lucrarea lui B. A. Poliacov „Instalații de condensatori pentru ameliorarea factorului de putere", se menționează cazul unor instalații la care, pentru aceeași putere reală și pentru aceeași putere reactivă, curentul crește zilnic, la anumite ore, până la 165—170 % din valoarea curentului nominal, ceeace corespunde la un factor de putere cu caracter deformant $k = 0{,}59 - 0{,}61$.

Ca o concluzie asupra caracteristicelor receptorilor deformanți, este important de menționat că, în timp ce valoarea factorului de putere — în cazul receptorilor reactivi — poate fi mărită prin compensarea puterii reactive, îmbunătățirea factorului de putere scăzut datorită puterii deformante nu poate fi practic realizată, întrucât o compensare a puterii deformante în rețelele de distribuție nu este posibil de realizat din punct de vedere practic.

II. EFECTELE SCĂDERII FACTORULUI DE PUTERE IN REȚELELE ELECTRICE

1. CONSIDERAȚIUNI GENERALE

S'a arătat mai sus că reducerea factorului de putere antrenează mărirea pierderilor electrice în rezistența liniilor și a transformatorilor statici. Aceasta constitue efectul cel mai important și care servește ca criteriu de rentabilitate în calculele tehnico-economice, care stau la baza proiectării instalațiilor de îmbunătățirea factorului de putere.

Scăderea valorii factorului de putere prezintă și alte efecte defavorabile, care sunt arătate mai jos. Unele din aceste efecte sunt datorite puterii reactive, altele sunt datorite puterii deformante, dar cele mai multe sunt datorite atât puterii reactive cât și puterii deformante.

2. PRODUCEREA DE PIERDERI IN REZISTENȚA CONDUCTORILOR

Producerea pierderilor electrice în rezistența conductorilor este determinată atât de puterea activă, de puterea reactivă și de puterea deformantă, în mod independent una de alta.

Intr'adevăr, pierderile sunt proporționale cu patratul curentului

$$p = k\,r\,I^2$$

și, în consecință, în ipoteza că tensiunea are o valoare constantă, pierderile sunt proporționale cu patratul puterii aparente

$$p = k\,r\,\frac{S^2}{U^2}$$

Inlocuind valoarea puterii aparente prin expresia

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$$

se poate scrie

$$p_R = \frac{k r P^2}{U^2} + \frac{k\,r\,Q^2}{U^2} + \frac{k\,r\,D^2}{U^2}.$$

Această separație a pierderilor datorită puterii reactive și puterii deformante, de pierderile datorite puterii active, constitue o proprietate esențială a puterii reactive și a puterii deformante.

Intr'adevăr, aceasta dă posibilitatea de a suprapune o putere reactivă Q și o putere deformantă D peste o putere reală P fără ca pierderile lor să se influențeze.

Deasemeni, aceasta dă posibilitatea de a realiza reducerea totală sau parțială a pierderilor datorite puterii reactive, prin diferite mijloace de compensare a puterii reactive, în mod independent de pierderile puterii active.

Această proprietate are un caracter cu totul special, deoarece ea nu se aplică în cazul când peste o putere reală P_1 s'ar suprapune o altă putere reală P_2 sau în cazul când este o putere reactivă Q_1 sau deformantă D_1 s'ar suprapune tot o putere reactivă Q_2 sau respectiv o putere deformantă D_2.

Intr'adevăr, atâta vreme cât există numai puterea P, valoarea pierderilor este

$$P_r = k\,P_1^2$$

In momentul când se suprapune și puterea P_2, valoarea puterii devine $P = P_1 + P_2$ și valoarea pierderilor este

$$p'_R = kP^2 = k\,(P_1 + P_2)^2 = k\,(P_1^2 + P_2^2 + 2\,P_1\,P_2).$$

Rezultă deci că pierderile datorite suprapunerii puterii P_2 vor fi

$$p''_R = p'_R - p_r = \frac{P}{U^2}\left(P_2^2 + 2\,P_1\,P_2\right)$$

In consecință, se constată că, spre deosebire de cazul suprapunerii unei puteri reactive sau deformante peste o putere reală, când pierderile produse de fiecare erau independente, — în cazul suprapunerii unei puteri de acelaș fel peste o altă putere, pierderile se influențează reciproc. Ca un exemplu practic, dacă se consideră că peste o putere P_1 se suprapune o a doua putere $P_2 = P_1$, valoarea pierderilor totale este de 4 ori mai mare decât pierderea datorită puterii P_1 și deci valoarea pierderilor suplimentare este de 3 ori mai mare decât acelea inițiale.

Dimpotrivă, în cazul suprapunerii peste o putere activă P_1 a unei puteri reactive Q de aceiași mărime, valoarea pierderilor totale este dublă față de pierderile inițiale și, în consecință, valoarea pierderilor suplimentare, antrenate de puterea reactivă, este egală cu valoarea pierderilor datorite puterii active.

Independența pierderilor provocate de puterea reactivă față de acelea provocate de puterea activă dă posibilitatea de a se calcula amortizarea investițiilor făcute în instalațiile de compensarea factorului de putere pe baza economiilor realizate prin suprimarea pierderilor produse de puterea reactivă, care urmează a fi furnizată de aceste instalații.

Valoarea pierderilor electrice în rezistența conductorilor, în funcție de valoarea factorului de putere, este dată în expresiile de mai jos

$$p = 3RI^2 = 3RI_a^2 + 3RI_r^2 = p_a + p_r$$

$$\text{deci } p_r = p - p_a = 3RI^2 - 3RI_a^2 = 3\,\frac{RI_a^2}{\cos^2\varphi} - 3RI_a^2$$

$$\text{sau } p_r = 3RI_a^2\left(\frac{1}{\cos^2\varphi} - 1\right).$$

Este interesant de a scoate în evidență, cu ajutorul acestor expresii, sporul de pierderi pentru câteva valori caracteristice ale factorului de putere, indicate în tabelul următor:

Tabela 2

	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3	Cazul 4
cos φ	1	0,8	0,7	0,5
Putere reală	100 %	100 %	100 %	100 %
Putere reactivă	0	75 %	100 %	173 %
Putere aparentă	100 %	125 %	140 %	200 %
Pierderi datorite puterii reactive raportate la cele datorite puterii reale	0	56 %	100 %	300 %
Pierderi totale raportate la cele datorate puterii reale	100 %	156 %	200 %	400 %

Din valorile indicate în această tabelă rezultă că, la o valoare a factorului de putere 0,7, pierderile datorite puterii reactive sunt egale cu cele datorite puterii active şi, în consecinţă, pierderile totale se dublează, iar la valoarea 0,5, pierderile datorite puterii reactive sunt de 3 ori mai mari şi în consecinţă, pierderile totale sunt de 4 ori mai mari decât cele datorite puterii reale.

3. SUPRADIMENSIONAREA INSTALAŢIILOR

La proiectarea şi construcţia instalaţiilor de producere, transport şi distribuţia energiei electrice, aceste instalaţii sunt dimensionate pentru o putere electrică nominală egală cu puterea aparentă

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}$$

In consecinţă, cu cât valoarea factorului de putere, care este luat în consideraţie la proiectarea instalaţiilor pentru regimul de funcţionare a acestor instalaţii, este mai redusă cu atât puterea nominală a instalaţiilor trebue să fie mai mare, şi, în consecinţă, valoarea investiţiilor este mai mare. Ca un exemplu, se menţionează că la un factor de putere = 0,7, care este uzual în cazul reţelelor industriale, puterea nominală a instalaţiilor trebue mărită cu mai mult de 40% faţă de dimensionarea care ar corespunde puterii reale.

4. REDUCEREA POSIBILITĂŢII DE INCĂRCARE A INSTALAŢIILOR CU PUTERE ELECTRICĂ REALĂ

In exploatarea instalaţiilor electrice existente de producere, transport şi distribuţie, executate pentru o anumită valoare nominală a factorului de putere, intervine adeseori cazul când factorul de putere realizat în mod efectiv în exploatare este mai redus decât valoarea nominală.

In acest caz, cum capacitatea de producere şi transport a instalaţiilor este determinată de puterea lor aparentă, scăderea factorului de putere determină atingerea puterii aparente, pentru o valoare a puterii reale, mai mică decât puterea reală prevăzută la proiectarea acestor instalaţii.

Din această cauză, se produce o reducere a posibilităţii de încărcare a instalaţiilor, cu puterea reală pentru care ele au fost prevăzute.

Dacă, în cazul liniilor electrice, se poate totuşi realiza o mărire a capacităţii de transport printr'o majorare corespunzătoare a procentului de pierderi şi căderi de tensiuni, în cazul generatorilor din centrale, acest lucru nu este posibil din cauza procesului de încălzire.

Din această cauză, se constată că în unele centrale, deşi există disponibilităţi de putere reală în instalaţiile de cazane şi turbine sau de motoare cu combustie internă, aceste disponibilităţi nu pot fi valorificate până la valoarea puterii nominale, din cauza blocării generatorilor cu o putere reactivă prea mare, în dauna puterii reale, datorită factorului de putere redus.

5. CREŞTEREA CĂDERILOR DE TENSIUNE IN INSTALAŢII

Scăderea factorului de putere, din cauza puterii reactive inductive sau din cauza puterii deformante, condce la o majorare importantă a căderilor de tensiune în instalaţiile de transport şi distribuţie, linii electrice şi transformatori.

Acest efect prezintă o deosebită importanţă, deoarece capacitatea de încărcare a instalaţiilor de transport şi distribuţie este condiţionată de cele mai multe ori de valoarea căderilor de tensiune în aceste instalaţii.

In ceeace priveşte puterea reactivă, se poate constata că valorile căderilor de tensiune produse pot fi considerate independente de cele determinate de puterea reală.

Inr'adevăr, dacă în diagrama tensiunilor, reprezentată în fig. 3, se proiectează vectorii RI şi $L\,I$ pe direcţia tensiunii U_2, se poate scrie

$$\Delta U = U_1 - U_2 = RI \cos \varphi + L\omega\ I \sin \varphi$$

sau

$$\Delta U = \frac{R}{U} UI \cos \varphi + \frac{L\omega}{U} UI \sin \varphi$$

deci

$$\Delta U = \frac{R}{U} P + \frac{L\omega}{U} Q.$$

In consecinţă, rezultă că, în afară de căderea de tensiune ohmică determinată de curentul sau respectiv puterea activă, se mai produce şi cădere de tensiune inductivă determinată de curentul sau respectiv puterea reactivă.

Dat fiind că, în general, reactanţa liniilor electrice aeriene şi în special reactanţa de scăpări a transformatorilor are valori mai mari decât rezistenţa lor ohmică, rezultă că, în cazul când valoarea factorului de putere este mai mică decât 0,7... 0,8, căderile de tensiune inductive datorite puterii reactive depăşesc căderile de tensiune ohmice corespunzând puterii active.

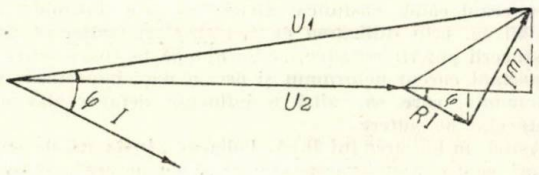


Fig. 3

Această concluzie prezintă o importanţă deosebită, deoarece capacitatea de încărcare a instalaţiilor de transport şi distribuţie este de cele mai multe ori condiţionată de valoarea căderilor de tensiune în aceste instalaţii.

Intr'adevăr, în cazul proiectării unor instalaţii electrice, care ar urma să funcţioneze cu un factor de putere redus, există posibilitatea micşorării procentului de pierderi de putere şi de căderi de tensiuni ohmice, micşorând rezistenţa lor ohmică prin majorarea secţiunii conductorilor.

Reducerea reactanţelor inductive nu este însă practic posibilă, astfel încât capacitatea de încărcare a unor instalaţii de transport este în mare măsură limitată de valoarea factorului de putere sau de posibilităţile de reglaj al tensiunii în punctele de utilizare, prin instalaţii speciale de schimbare sub sarcină a raportului de transformare al transformatorilor.

Puterea deformantă antrenează şi ea căderi de tensiune în instalaţiile de transport şi distribuţie, atât sub formă de căderi ohmice în rezistenţa conductorilor, cât şi sub forma de căderi inductive în inductanţa liniilor şi transformatorilor, contribuind astfel la sporirea căderii de tensiune în aceste instalaţii.

6. PRODUCEREA DE CREŞTERI DE TENSIUNE IN INSTALAŢII, IN CAZUL UNUI FACTOR DE PUTERE CAPACITIV

In exploatările reţelelor de transport şi distribuţie pot să intervină, în cazul sarcinilor capacitive, şi creşteri de tensiune în reactanţele inductive ale liniilor şi transformatorilor.

Intr'adevăr, după cum rezultă din diagrama reprezentată în fig. 4, în cazul unui factor de putere capacitiv, adică în cazul unui curent decalat înaintea tensiunii, se poate ajunge la situaţia că tensiunea de utilizare U_2 să fie mai ridicată decât tensiunea la centrală U_1.

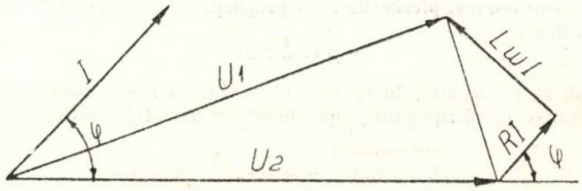


Fig. 4

Proiectând vectorii RI şi $L\,I$ pe direcţia tensiunii U_2, se poate scrie în mod aproximativ :

$$U_1 = U_2 + RI \cos \varphi - L\omega\ I \sin \varphi$$

sau

$$\Delta U = U_1 - U_2 = -\left(\frac{L\omega}{U} Q - \frac{R}{U} P\right)$$

Reactanţa inductivă a liniilor aeriene şi a transformatorilor fiind în general mai mare decât rezistenţa lor ohmică, rezultă

că pentru un factor de putere capacitiv mai mic decât 0,8...0,9 expresia $\frac{L\omega}{U} \cdot Q - \frac{R}{U} \cdot P$ este pozitivă şi, în consecinţă, căderea de tensiune U este negativă, adică devine ridicare de tensiune.

Această situaţie prezintă dezavantaje în exploatare, deoarece măreşte limitele de variaţie ale tensiunii, creînd dificultăţi în funcţionarea receptorilor şi în special a lămpilor electrice, a căror durată de funcţionare este sensibil redusă în cazul creşterilor de tensiune.

7. NECESITATEA SUPRADIMENSIONĂRII ÎNTRERUPĂTORILOR AUTOMAŢI DIN REŢELELE ELECTRICE

În cazurile când în reţelele de curent alternativ se produc scurt circuite, după un interval de 1...3 secunde, curentul de şoc de scurt circuit se stabileşte la valoarea cea mai coborîtă de curent de scurt circuit permanent. Valoarea acestui curent de scurt circuit permanent este condiţionată de intensitatea câmpului magnetic, produs prin curentul continuu de excitaţie la generatorii din centrală sau la compensatorii sincroni din reţea.

În cazul când sarcina reţelei nu este inductivă şi în special în cazul când ea este capacitivă, căderea de tensiune datorită reacţiei magnetice a indusului în aceste maşini este redusă şi, în consecinţă, şi valoarea amperspirelor de sarcină şi respectiv a curentului suplimentar de excitaţie este redusă.

Din această cauză, valoarea curentului de scurt circuit permanent, care se poate produce în reţea, este şi ea considerabil mai redusă.

Dimpotrivă, în cazul când generatorii sau compensatorii sincroni funcţionează în plină sarcină inductivă (regim supraexcitabil), amperspirele de funcţionare în sarcină şi respectiv curentul suplimentar de excitaţie trebue să aibă o valoare mult mai ridicată, care determină o valoare mult mai importantă pentru curentul permanent de scurt circuit.

În plus, în cazul când circuitul are o inductanţă ridicată, corespunzând unui factor de putere redus, constanta de timp este mai mare şi curentul tranzitoriu de şoc de scurt circuit ajunge la valori de regim permanent, după un timp mai îndelungat.

Din această cauză, dimensionarea aparatajului electric şi în special puterea de rupere la curent de scurt circuit a întreruptătorilor automaţi din reţea trebue să fie considerabil mărită, ceeace antrenează importante investiţii.

8. LIMITAREA CAPACITĂŢII DE ÎNCĂRCARE A GENERATORILOR FUNCŢIONÂND ÎN REGIM CAPACITIV

În cazul când generatorii unei centrale funcţionează în regim capacitiv, componenta capacitivă a curentului produce, prin reacţia magnetică, un efect magnetizant foarte puternic, care determină reducerea curenţilor de excitaţie, adică funcţionarea în regim subexcitat.

În cazul când sarcina este capacitivă, cum se întâmplă în cazul generatorilor alimentând linii de înaltă tensiune funcţionând în gol, efectul magnetizant poate fi atât de important încât, chiar anulând complect curentul de excitaţie, valoarea tensiunii nominale este atinsă drin efectul magnetizant al uneisareini mai reduse decât puterea aparentă nominală a generatorului, aşa cum rezultă din figura alăturată (fig. 5 A).

Pentru a limita acest efect de reducere a capacităţii de încărcare a generatorilor electrici în sarcină capacitivă, prin standardul de maşini electrice rotative (STAS 1893—51) se fixează următoarele valori minime pentru capacitatea de încărcare a maşinilor sincrone în regim capacitiv :

— până la 5 000 kVA, 50 % din puterea nominală

— peste 5 000 kVA, 60 % din puterea nominală.

9. INSTABILITATEA ÎN REGLAJUL TENSIUNII LA MAŞINILE SINCRONE

Generatorii sincroni şi în special compensatorii sincroni sunt caracterizaţi printr'o funcţionare în bune condiţiuni atunci când furnizează puteri inductive, adică în regim de supraexcitaţie. Dimpotrivă, în cazul când maşina absoarbe puteri inductive şi deci funcţionează în regim capacitiv cu excitaţie redusă, se poate ajunge la situaţia că, deşi curentul de excitaţie a fost complect anulat, tensiunea să depăşească valoarea nominală (fig. 5 A). În consecinţă, curentul produs se măreşte

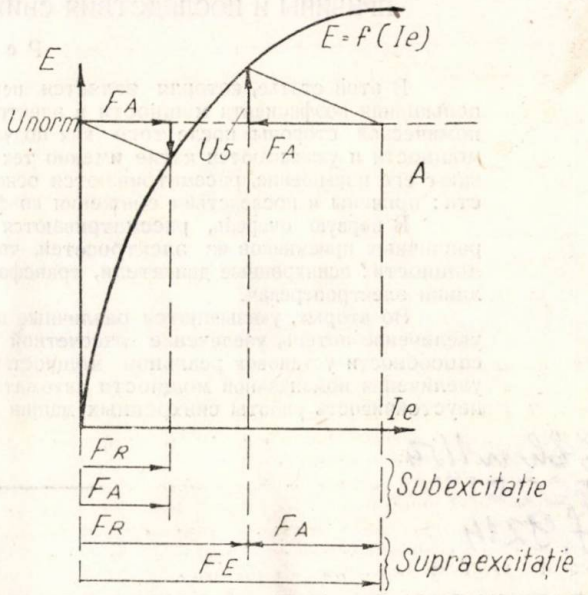


Fig. 5 A.

şi, prin efectul lui magnetizant, tensiunea creşte şi mai mult trecând într'un regim de funcţionare instabilă până când maşina iese din paralel.

Pentru a înlătura această situaţie este necesar de a se adopta măsuri speciale în construcţia maşinilor sincrone, realizându-se un întrefier mărit, pentru a se obţine o înclinare a caracteristicei în gol, conform fig. 5 B şi deci o micşorare a efectului de reacţie magnetică.

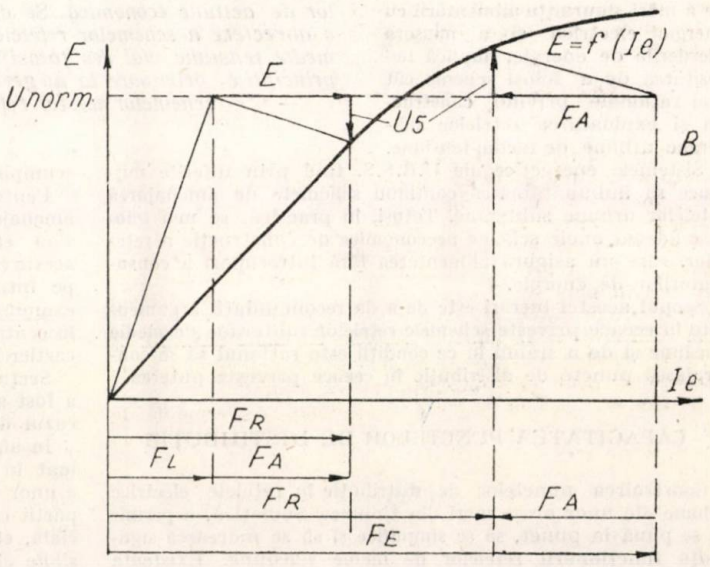


Fig. 5 B.

Deasemenea, este necesar a se folosi un montaj special al excitatricelor, folosind o excitatrice principală şi una auxiliară. Aceste soluţii conduc însă la o construcţie specială având un cost ridicat şi la un randament mai redus.

Bibliografie

1. *C. Budeanu*: Puteri reactive şi fictive. Bucureşti. Editura IRE 1927.
2. *M. P. Costenco.* Maşini electrice (Elektriceskie Maşină). Ed. Gosenergoizdat Moscova 1949.
3. *L. M. Piotrovschi.* Maşini electrice (Elektriceskie Maşină). Ed. Gosenergoizdat. Moscova 1949.
4. *L. B. Litvac*: Problemele ameliorării factorului de putere din întreprinderile industriale (traducere din limba rusă). Bucureşti. Editura Energetică de Stat, 1952.
5. *I. Poliacov*: Instalaţii de condensatori pentru ameliorarea factorului de putere. (Condensatornâe ustenovski dlia povâşenia coeficienta moşeinosti). Ed. Gosenergoizdat 1950

★

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ СНИЖЕНИЯ КОЭФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Резюме

В этой статье, которая является первой из серии, имеющей объектом проблему повышения коэфициента мощности в электрических сетях, рассмотренную с технико-экономической стороны, после того как подчеркивается значение повышения коэфициента мощности и указываются какие именно технико-экономические характеристики обуславливают его повышение, рассматриваются основные два вида проблемы коэфициента мощности: причины и последствия снижения коэфициента мощности.

В первую очередь, рассматриваются реактивные и исскажающие характеристики различных приемников из электросетей, которые обуславливают снижение коэфициента мощности: асинхронные двигатели, трансформаторы, выпрямители, дуговые электропечи, линии электропередач.

Во вторых, указываются различные последствия снижения коэфициента мощности: увеличение потерь, увеличение рассчетной мощности установок, снижение нагрузочной способности установок реальной мощностью, рост падения напряжения, необходимость увеличения номинальной мощности автоматических выключателей, ограничение нагрузки и неустойчивость работы синхронных машин с емкостной нагрузкой.

36 Ehm 11/54
LEFORDITVA
f. 9214

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

PRINCIPIILE DE AMENAJARE A REŢELELOR ELECTRICE SUBTERANE DE MEDIE TENSIUNE*)

Ing. S. N. NICOGOSOV

Se indică, în prezenta lucrare, o formulă pentru determinarea puterii posturilor de distribuţie şi curba limită, care determină zona lor de acţiune economică. Se dă deasemenea o aprecţere a schemelor reţelelor urbane de medie tensiune mai des folosite şi se descriu principiile privitoare la alegerea raţională a schemelor acestor reţele.

Densităţile economice mărite de curent ale cablurilor introduse în anul 1951, precum şi necesitatea de a mări siguranţa alimentării cu energie electrică şi a micşora pierderile de energie, implică necesitatea de a folosi scheme cât mai raţionale privind construcţia şi exploatarea reţelelor subterane urbane de medie tensiune.

Sistemele energetice ale U.R.S.S. tind prin diferite mijloace să îmbunătăţească continuu schemele de amenajarea reţelelor urbane subterane. Totuşi, în practică, se mai folosesc adesea unele scheme neeconomice de construcţie a reţelelor, care nu asigură alimentarea fără întreruperi a consumatorilor de energie.

Scopul acestei lucrări este de a da recomandaţii argumentate în ceeace priveşte schemele reţelelor subterane de medie tensiune şi de a stabili în ce condiţii este raţional să se construiască puncte de distribuţie în ceeace priveşte puterea.

CAPACITATEA PUNCTELOR DE DISTRIBUŢIE

Construirea punctelor de distribuţie în reţelele electrice urbane ale unor oraşe mari din Uniunea Sovietică, a permis să se pună la punct, să se simplifice şi să se mărească siguranţa funcţionării reţelelor de medie tensiune. Existenţa punctelor de distribuţie dintr'o reţea dă posibilitatea să se micşoreze numărul celulelor costisitoare din punctele de alimentare şi să se micşoreze numărul staţiilor de transformare alimentate de una din liniile de distribuţie ale reţelei. Pe de altă parte, aceste puncte de distribuţie fiind o instalaţie intermediară între sursa de alimentare şi consumatori, pot provoca, în unele cazuri, scumpirea şi complicarea reţelei.

Pentru a determina condiţiile în care este raţional să se amenajeze puncte de distribuţie în cadrul unor reţele urbane, s'au efectuat calcule tehnico-economice amănunţite. In aceste calcule, s'a presupus că sarcina se repartizează uniform pe întreaga regiune alimentată de sursa respectivă. S'au examinat două variante ale poziţiei sursei de alimentare: în centrul regiunii deservite şi la marginea ei. Forma tuturor cartierelor a fost considerată dreptunghiulară şi egală.

Secţiunea cablurilor de 6 şi 10 kV ale liniilor de alimentare a fost aleasă pentru încălzire în regimul de avarie, adică în cazul deconectării uneia dintre liniile de alimentare.

In afară de coeficienţii prevăzuţi de norme şi prin care s'a luat în considerare prezenţa, pe traseul liniilor subterane, a unor porţiuni cu condiţii nefavorabile de răcire (intersecţia părţii carosabile a unei străzi în ţevi fără ventilaţie artificială, etc) s'a ţinut seama, la determinarea sarcinilor admisibile ale cablurilor şi de factorii care contribue la mărirea acestor sarcini.

In decurs de 24 ore sarcina liniilor de alimentare variază foarte mult. Deobicei, coeficientul echivalent al curbelor orare de sarcină ale acestor reţele este, în timpul iernii, de

*) După „Electricestvo" Nr. 8, 1952.

0,60...0,65. După ultimele cercetări [1]), sarcina cablurilor acestor linii poate fi mărită cu 17% în comparaţie cu cablurile uniform încărcate.

Sarcinile maxime ale reţelelor de alimentare coincid, după anotimp, cu perioadele reci ale anului, când condiţiile de răcire a cablurilor sunt mult mai bune.

Afară de aceasta, pe porţiunile de traseu unde condiţiile de răcire au fost extrem de nefavorabile, s'a considerat posibilitatea folosirii unor cabluri cu secţiunea imediat superioară.

Bazat pe aceste considerente, sarcina maximă admisibilă de calcul a cablurilor de 6 şi 10 kV a reţelei de alimentare s'a luat egală cu 80...85%, această valoare fiind stabilită de normele privind sarcinile pentru linii cu un singur cablu, aşezat direct în pământ. Posibilitatea funcţionării acestor cabluri de 6 şi 10 kV având sarcinile menţionate, a fost confirmată de experienţa exploatării în decursul multor ani, în majoritatea regiunilor din U.R.S.S.

Comparaţia variantelor s'a făcut pe baza cheltuielilor de investiţie şi cheltuielile anuale de exploatare, acestea din urmă având valoare hotărâtoare.

In primul rând, au fost stabilite în mod analitic, şi verificate printr'o serie de exemple concrete, următoarele dependenţe.

a) dependenţa lungimii medii a reţelei de alimentare corespunzătoare puterii transmisă de 1 kVA, în funcţie de suprafaţa S a regiunii, deservită de un singur punct de alimentare;

b) dependenţa lungimii medii a reţelei de distribuţie corespunzătoare puterii transmisă de 1 kVA, în funcţie de puterea punctului de distribuţie şi de densitatea sarcinii.

Apoi a fost întocmită o ecuaţie generală a cheltuielilor anuale în cazul unei sarcini de 1 kVA a reţelei, în care s'au prevăzut cheltuielile pentru fiecare celulă a punctului de alimentare pentru construirea punctului de distribuţie şi costul pierderilor anuale de energie electrică în reţelele de alimentare şi de distribuţie.

Puterea optimă a punctului de distribuţie a fost determinată, ca deobicei, prin calcularea cheltuielilor minime anuale. Ca rezultat s'a obţinut o relaţie de gradul patru. Rezolvarea acestei ecuaţii a permis să se construiască curba $P_f = f(\sigma)$, reprezentată în fig. 1. Această curbă poate fi exprimată cu o precizie suficientă prin relaţia următoare:

$$P_f = 2500 + 65\sqrt{\sigma} \qquad (1)$$

unde σ este densitatea sarcinii în kVA/km²:

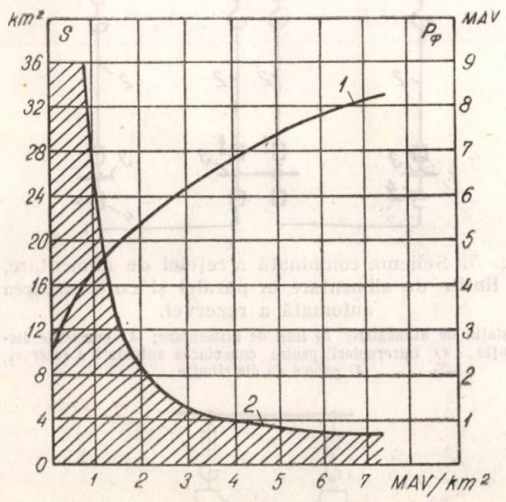


Fig. 1. 1) Variaţia puterii optime a punctului de distribuţie în funcţie de densitatea sarcinei; 2) curba limită $[S = f(\sigma)]$; zona densităţilor de sarcină şi a suprafeţelor regiunii alimentată de staţia de alimentare unde nu este raţional să se construiască posturi de distribuţie, este haşurată.

Este necesar să se menţioneze că deoarece curba cheltuielilor anuale totale pentru sarcina reţelei de 1 kVA (figura 2) are în zona minimă o pantă dulce, la alegerea puterii punctelor de distribuţie nu este obligator să se respecte cu stricteţă valorile obţinute. In general, puterea posturilor de distribuţie trebue să depindă de capacitatea de transport a reţelelor de alimentare şi în ultimă esenţă este determinată de aceasta.

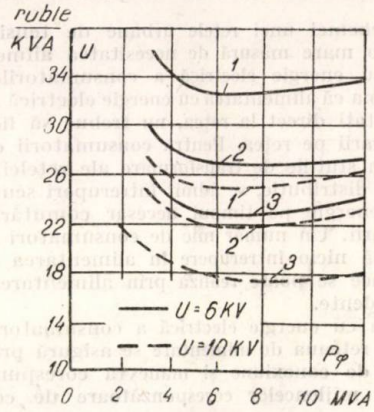


Fig. 2. Variaţia cheltuelilor specifice anuale din reţea în funcţie de puterea punctului de distribuţie, în cazul unei suprafeţe a regiunii alimentate de 8 km².

1) $\sigma = 2\ \frac{\text{MVA}}{\text{km}^2}$; 2) $\sigma = 4\ \frac{\text{MVA}}{\text{km}^2}$; 3) $\sigma = 8\ \frac{\text{MVA}}{\text{km}^2}$.

Conform calculelor, puterea optimă a punctelor de distribuţie la o reţea de 10 kV este aproximativ cu 10% mai mare decât la o tensiune de 6 kV.

După aceea au fost calculate cheltuelile anuale pentru transportul unei puteri de 1 kVA dela sursa de alimentare până la staţiile de transformare ale reţelei pentru diferite regiuni alimentate de punctul de alimentare, având diferite suprafeţe, sarcini de densităţi diferite precum şi pentru cazul a două scheme diferite de de alimentare a regiunii şi anume: 1) transportul de energie prin puncte de distribuţie şi reţea de distribuţie şi 2) transportul energiei prin reţea de distribuţie fără puncte de distribuţie.

Pe baza acestor date a fost construită curba variaţiei suprafeţei regiunilor cu aceleaşi cheltueli anuale pentru transportul unei puteri de 1 kVA atât în cazul când există puncte de distribuţie, cât şi în cazul când acestea nu există, în funcţie de densitatea sarcinii (curba limită). Din această curbă (fig. 1) se vede că, la densităţi mici ale sarcinii, este raţional să se instaleze puncte de distribuţie numai în cazul când sursa de alimentare deserveşte o regiune mare. In cazul când centrul de alimentare se află într'o poziţie excentrică, în raport cu regiunea deservită, este raţional să se instaleze posturi de distribuţie la densităţi şi mai mici ale sarcinei şi la suprafeţe mici ale regiunii deservită de acest centru de alimentare.

Teoretic, capacitatea optimă de transport a posturilor de distribuţie este cuprinsă într'un interval destul de larg: dela 4000 kVA, când densitatea sarcinii este de 750 kVA/km², până la 8000 kVA, când densitatea sarcinii este de 7500 kVA/km². Pentru alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale de putere mică şi mijlocie, la care nu este convenabil să se monteze linii separate, este raţional ca ele să fie alimentate dela punctele de distribuţie ale reţelei. In acest caz puterea punctelor de distribuţie trebue să fie mai mare decât aceea obţinută după curba 1 (figura 1).

Puterea punctelor de distribuţie se determină în mare parte în funcţie de puterea de scurtcircuit, ce poate fi suportată de aparatajul de manevră montat în instalaţiile electrice alimentate de reţea.

La funcţionarea în paralel a trei linii puternice de alimentare, înzestrate cu bobine de reactanţă de 600 A — 8%, sau a 4—5 linii de alimentare cu bobine de reactanţă de 300 A—5%, puterea de scurtcircuit pe barele punctului de distribuţie nu va fi mai mare de 200 MVA, chiar dacă se neglijează rezistenţa liniei şi se admite puterea de scurtcircuit pe barele punctului de alimentare egală cu 750 MVA.

Deaceea, pe porţiunile noi ale reţelei de 6 kV, unde se pot instala întreruptori în ulei tip VMG—133, este admisă func-

[1]) Informaţia tehnico-economică Nr. 1738, tema 54. Institutul de informaţii tehnico-economice al Planificării de Stat din U.R.S.S., 1951.

ţionarea în paralel a trei linii puternice. Pentru porţiunile existente ale reţelei, care au întreruptori în ulei tipVM—14 (VM—16) şi VM—22, este admisă funcţionarea în paralel a 2—3 linii de alimentare, fiecare din ele fiind formată dintr'un singur cablu şi având bobine de reactanţă de 300 A—5%.

PRINCIPIILE AMENAJĂRII REŢELEI ELECTRICE

Alegerea schemei unei reţele urbane de tensiune medie depinde într'o mare măsură de necesitatea alimentării fără întrerupere cu energie electrică a consumatorilor. Trebue să se ţină seama că alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, conectaţi direct la reţea, nu trebue să fie oprită în cazul unei avarii pe reţea. Pentru consumatorii care se alimentează dela staţiile de transformare ale reţelei, conectate la reţeaua de distribuţie, se admit întreruperi scurte de alimentare cu energie pe timpul necesar comutărilor reţelei în caz de avarii. Un număr mic de consumatori importanţi nu admit însă nicio întrerupere în alimentarea cu energie electrică, ceeace se poate realiza prin alimentarea din două surse independente.

Alimentarea cu energie electrică a consumatorilor conectaţi direct la reţeaua de alimentare se asigură prin alegerea unei scheme de conexiune şi manevră corespunzătoare şi prin alegerea mijloacelor corespunzătoare de conectare a rezervei.

Pentru a încărca complect reţeaua de alimentare la regimul normal de funcţionare şi pentru a evita suprasarcini în reţea, în cazul deconectării datorite avariei unei linii oarecare, este necesar ca sarcina liniei deconectate să se distribue automat pe un număr cât mai mare de linii rămase în funcţiune. Pentru atingerea acestui scop există următoarele mijloace: 1) funcţionarea în paralel a unui număr cât mai mare de linii de alimentare, 2) folosirea conectării automate a rezervei în cazul unei scheme a reţelei de alimentare radiale, 3) folosirea concomitentă a funcţionării în paralel a liniilor de alimentare şi a conectării automate a rezervei.

In scopul de a limita puterea de scurtcircuit, după cum s'a arătat mai sus, numărul liniilor paralele de 600 A în funcţiune nu trebue să fie mai mare de 3, iar al celor de 300 A nu trebue să fie mai mare de 4 sau 5. Gradul de încărcare a liniilor în cazul funcţionării lor în paralel, în regim normal, se determină după formula:

$$\alpha = \frac{(n-1)}{n}\,100, \qquad (2)$$

unde n este numărul liniilor ce funcţionează în paralel. Pentru ca la deconectarea unei linii ce funcţionează în paralel, cele rămase în funcţiune să nu se încarce prea mult, α nu trebue să fie mai mare de cât 67...80%. Acest grad de încărcare a sarcinii liniilor de alimentare, în cazul reţelelor radiale, se poate obţine prin întrebuinţarea conectării automate a rezervei.

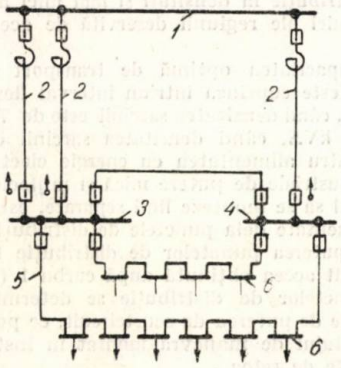


Fig. 3. Funcţionarea în paralel a liniilor de alimentare a două puncte de distribuţie:

1) staţia de alimentare; *2)* linii de alimentare compuse din unul sau două cabluri; *3)* punctul de distribuţie Nr. 1; *4)* punctul de distribuţie Nr. 2; *5)* sensul reţelei de distribuţie; *6)* staţii de transformare ale reţelei.

Pentru a compara schema privind funcţionarea unui număr cât de mare de linii în paralel, cu schema în care se întrebuinţează conectarea automată a rezervei, au fost determinate pentru fiecare variantă în parte cheltuelile de investiţie, socotite pentru reţeaua de alimentare şi de distribuţie la medie tensiune, luându-se în considerare atât costul celulelor din staţia de alimentare cât şi costul posturilor de distribuţie; cheltuelile anuale de exploatare în care intră şi cheltuelile de amortizare şi cele ale investiţiei iniţiale, reparaţii şi exploatarea reţelelor şi a substaţiilor; costul pierderilor de energie din reţelele de alimentare şi de distribuţie (costul unui kWh este egal cu 0,1 ruble, iar pierderile anuale de energie la sarcina maximă $\tau = 2000$); consumul metalului neferos „redus" (suma greutăţii cuprului cu greutatea echivalentă după preţul de cost al plumbului).

Alimentarea a trei regiuni urbane diferite din punct de vedere a sarcinei, s'a făcut într'un caz (varainta *I*) prin două posturi de distribuţie de aceeaşi putere, cu ajutorul a trei linii de alimentare de 6 kV, funcţionând în paralele fiecare din aceste linii fiind compusă din două cabluri (fig. 3); în cazul

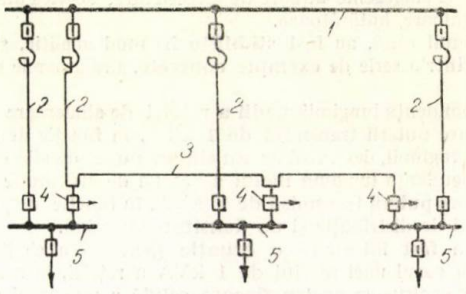


Fig. 4. Reţea complexă de alimentare în buclă cu conectarea automată a rezervei. Reţeaua în regim normal funcţionează radial:

1) staţia de alimentare; *2)* linii de alimentare compuse din unul sau două cabluri; *3)* întrerupători pentru conectarea automată a rezervei; *4)* puncte de distribuţie.

al doilea (varianta *II*) alimentarea se face prin trei posturi de distribuţie prevăzute cu aparatele necesare pentru conectarea automată a rezervei, cu ajutorul a trei linii puternice de alimentare, care funcţionează în mod normal în sistem radial (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

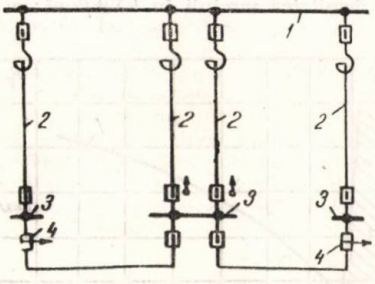


Fig. 5. Schema combinată a reţelei de alimentare, cu liniile de alimentare în paralel şi cu conectarea automată a rezervei.

1) staţia de alimentare; *2)* linii de alimentare; *3)* puncte de distribuţie; *4)* întreruptori pentru conectarea automată a rezervei; *5)* puncte de distribuţie.

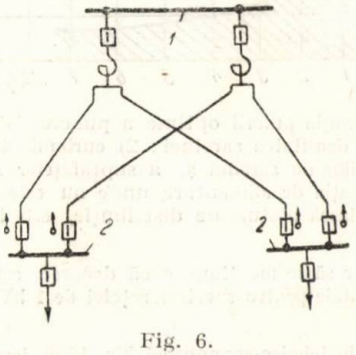


Fig. 6.

Rezultatele calculelor arătate în tabela 1 arată că, în toate cazurile, varianta *I* este mai avantajoasă decât varianta II.

Cu cât densitatea sarcinii este mai mare, cu atât avantajele variantei I vor fi mai mari.

Trebue notat că sarcina uniformă a tuturor posturilor de distribuţie, admisă în calculele făcute după schema variantei *II*, va fi foarte greu de realizat în practică. Iar la o sarcină neuniformă a posturilor de distribuţie, pierderile de energie electrică în reţeaua de alimentare după varianta *I* vor fi mai mari decât acelea indicate în tabela *I*.

mentează acelaşi punct de distribuţie. Mărirea numărului la mai mult de 2 cabluri la o linie, ţinând seama de densităţile sarcinii existente, nu este raţională şi prezintă dificultăţi în exploatare.

Se recomandă ca reţelele de distribuţie de 6 kV să fie construite în buclă, cu separatori la intrare în staţiile de transformare ale reţelei. Astfel de reţele se construesc în prezent de către multe sisteme energetice. Fiecare buclă trebue să

Tabela 1

1 Regiunea	2 Sarcina totală în MVA	3 Densitatea sarcinii în MVA/km²	4 Investiţii principale în Ruble		7 Cheltuelile anuale de exploatare în Ruble		8 Pierderi de energie într'un an în kWh		9 Consumul de cupru în kg	
			5 Varianta I	6 Varianta II	5 Varianta I	6 Varianta II	5 Varianta I	6 Varian'a II	5 Varianta I	6 Varianta II
1	14,0	12,0	182,0	206,0	16,4	18,5	35,1	37,5	9,5	10,6
2	13,2	7,0	260,0	278,0	22,7	24,8	47,5	51,5	13,0	13,4
3	11,4	2,5	358,0	376,0	29,6	31,5	60,9	61,2	18,6	9,1

Afară de aceasta, în cazul variantei *II*, sunt inevitabile întreruperi de 2...3 secunde în alimentarea cu energie necesare pentru funcţionarea automată a conectării rezervei. Prin urmare, din punct de vedere al alimentării fără întreruperi cu energie electrică, varianta *I* este preferabilă variantei *II*. Din această cauză, acolo unde puterea de rupere a întreruptorilor este suficientă, este raţional să se recomande funcţionarea în paralel a liniilor de alimentare a uneia sau a două puncte de distribuţie, învecinate, printr'o legătură de cablu între ele. Lungimea acestei legături nu trebue să fie mai mare. decât 50...60% din lungimea totală a liniei de alimentare

In cazul când puterea de rupere a întreruptorilor reţelei este insuficientă, trebue să se utilizeze schemele privind conectarea automată a rezervei sau scheme combinate în care unele linii de alimentare funcţionează în paralel iar celelalte linii sunt prevăzute cu aparatele de conectarea automată a rezervei (fig. 5).

Intrebuinţarea aparatelor de conectare automată a rezervei pe linii de alimentare ale posturilor de distribuţie, la care sunt conectate reţelele întreprinderilor industriale, este admisă numai în cazurile când întreruperile în alimentare cu energie electrică, ce sunt inevitabile în cazul acesteischeme, nu duc la perturbări în ciclul de producţie.

Alte scheme de montaj ale reţelei de alimentare întrebuinţate în practică şi întâlnite des în literatură nu pot fi recomandate, deoarece ele nu satisfac în întregime condiţiile cerute unei scheme raţionale de montaj a reţelei electrice.

Schema de montaj cu două cabluri ce alimentează diferite puncte de distribuţie şi care este folosită relativ deseori (figura 6) nu poate să fie satisfăcătoare, deoarece în acest caz, ca şi la schema din figura 7 nu se face utilizarea raţională a secţiunii conductorilor (în condiţii normale fiecare linie poate să fie încărcată numai cu 50% din capacitatea ei de transport). Protecţia dirijată, instalată conform acestei scheme la punctele de distribuţie, poate să producă, în anumite condiţii, deconectări greşite.

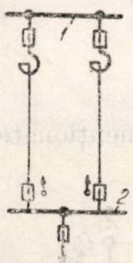


Fig. 7.

Lipsa ampermetrilor la fiecare cablu nu dă posibilitatea de a controla gradul de încărcare a fiecărui cablu.

Deasemenea, nici schema cu aşa numita rezervă totală nu poate să fie considerată ca satisfăcătoare (figura 8), întrucât în acest caz vom avea totdeauna pierderi suplimentare de energie din cauza lipsei de sarcină pe linie în condiţiuni normale. Afară de aceasta, această schemă de montaj nu este clară şi utilizarea automatizării este, în acest caz, foarte dificilă.

Având în vedere costul prea mare, în cazul unor densităţi mari ale sarcinei, al celulelor din staţiile de alimentare ale sarcinei, se recomandă să se mărească puterea diferitelor linii de alimentare prin legarea la un singur întreruptor a două cabluri de secţiunea până la 3×150 mm² şi care alimentează acelaşi punct de distribuţie. Mărirea numărului la mai mult de 2 cabluri la o linie, ţinând seama de densităţile sarcinii existente, nu este raţională şi prezintă dificultăţi în exploatare.

Se recomandă ca reţelele de distribuţie de 6 kV să fie construite în buclă, cu separatori la intrare în staţiile de transformare ale reţelei. Astfel de reţele se construesc în prezent de către multe sisteme energetice. Fiecare buclă trebue să fie în mod normal deschisă în dreptul uneia din staţiile de transformare ale reţelei (dacă este posibil în punctul de ramificare a curentului). Prin urmare, reţelele buclate, în regim

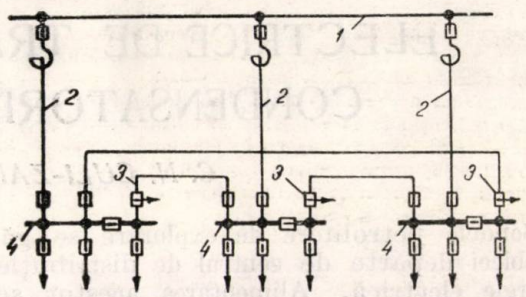


Fig. 8.

normal de funcţionare, trebue să fie exploatate ca reţele radiale. Alimentarea fiecărei bucle poate fi realizată dela unul sau două puncte de distribuţie învecinate.

Alegerea metodelor de alimentare se face în funcţie de condiţiile locale. Trebue să se prefere metoda a doua (dela două puncte de distribuţie). In cazul alimentării dela un singur punct de distribuţie, este nevoie să se facă legături între diferite bucle, pentru ca să se asigure alimentarea continuă a regiunii în caz de deconectarea punctului de distribuţie.

Având în vedere că în condiţiile normale aceste legături nu sunt prea folosite, numărul lor trebue să fie minim (o legătură între două bucle).

Metoda existentă, folosită în mod obişnuit, pentru alegerea cablurilor de distribuţie, din punctul de vedere al sarcinii ce revine întregei bucle, ne arată că secţiunea cablurilor este aceeaşi pe toată lungimea buclei. O consecinţă a acestui fapt este utilizarea neraţională a metalului neferos din reţeaua de distribuţie. Deobicei, densitatea curentului în sectoarele principale este de cel mult 1,5 A/mm² în loc de valoarea necesară de 2,5 A/mm².

Pentru o utilizare mai bună a metalului neferos din reţeaua de distribuţie de medie tensiune, trebue să se folosească o variaţie gradată a secţiunii cablurilor, care să corespundă reducerii treptate a intensităţii curentului din reţea: la capetele buclei, trebue să se utilizeze cabluri de secţiune mare, iar la celelalte părţi ale buclei, cabluri de secţiune mai mică. Pentru a aprecia efectul care poate fi obţinut prin realizarea acestei propuneri, s'au examinat două variante ale unei bucle de 6 kV, lungă de 3500 m, dela care se alimentează 10 staţii de transformare cu o sarcină de peste 200 kVA fiecare:

Varianta I, toată bucla este executată din cablu de secţiune 3×70 mm².

Varianta II, cablul cu secţiunea de 3×70 mm² a fost întrebuinţat numai la capetele buclei; în patru tronsoane ale

buclei, s'a întrebuinţat cablu cu secţiunea de 3×50 mm², iar în restul tronsoanelor, cablu cu secţiunea de 3×35 mm².

Rezultatele comparative ale acestor variante sunt date în tabela 2, aceste date fiind raportate la 1 kVA.

Tabela 2

	Vârianta I	Varianta II
Investiţii iniţial, ruble	60,6	49,1
Cheltueli anuale, ruble	6	4,6
Consumul de cupru, kg.	5,75	4,35
Căderea maximă de tensiune la funcţionare în regim normal, %	0,85	1,18
Căderea maximă de tensiune la funcţionare în regim de avarie, % . . .	3,4	4,7

Datele tabelei 2 arată că variaţia gradată a secţiunii cablurilor reţelei de distribuţie poate realiza o economie de 19... 20 % din investiţiile iniţiale şi până la 25 % din metalul folosit (cupru). Creşterea neînsemnată a pierderilor de energie este compensată cu prisosinţă de economia în investiţiile iniţiale.

Folosirea cablurilor de secţiuni diferite ar putea duce la unele dificultăţi şi inconveniente în exploatarea reţelei. Totuşi, aceste dificultăţi şi inconveniente nu pot fi considerate atât de importante pentru ca din cauza lor să se admită utilizarea cantităţilor prea mari de metal neferos.

CONCLUZII

1. In toate cazurile în care puterea aparatajului instalat pe reţea o permite, trebue să se adopte sistemul cu liniile de alimentare funcţionând în paralel. In caz că funcţionarea în paralel este imposibil de realizat, trebue să se aplice conectarea automată a rezervei. Pe reţeaua de alimentare nu trebue să existe linii numai de rezervă, fără nicio sarcină în funcţionarea normală a reţelei.
2. In cazul densităţilor de sarcini mari, trebue să se mărească puterile diferitelor linii de alimentare prin legare la acelaşi întreruptor a două cabluri de 3×150 mm² şi care alimentează acelaşi punct de distribuţie.
3. Necesitatea construirii punctelor de distribuţie trebue să fie justificată, în fiecare caz în parte, de calculele tehnico-economice comparative, sau de anumite consideraţii speciale, de exploatare. Pentru rezolvarea prealabilă a problemei privind necesitatea punctelor de distribuţie şi a puterilor acestora se poate folosi curbele caracteristice din fig. 1.
4. In cazul reţelelor de distribuţie este necesar să se folosească cabluri având secţiune gradată.

COMPENSAREA PIERDERILOR DE TENSIUNE ÎN LINIILE ELECTRICE DE TRANSPORT, CU AJUTORUL CONDENSATORILOR LEGAŢI ÎN SERIE*)

C. N. CULI-ZADE şi M. M. DJAFAROVA

Sondele petrolifere de explorare se găsesc deobicei departe de centrul de distribuţie de energie electrică. Alimentarea acestor sonde se face cu ajutorul unei staţii coborîtoare de 20—35 kV, dela care tensiunea de 2—6 kV este adusă printr'un feeder radial la instalaţia de distribuţie a sondei. Când continuitatea alimentării instalaţiei de distribuţie a sondei este foarte importantă, sonda se leagă prin două linii cu două staţii diferite.

La începutul liniei care alimentează sonda, tensiunea este deja coborîtă din cauza căderilor de tensiune în sistem, iar la capătul liniei, la bornele motoarelor dela sondă, scăderea tensiunii este şi mai mare. Astfel tensiunea aplicată electromotoarelor este mult redusă, ceeace reduce eficacitatea funcţionării lor, provocând adesea chiar oprirea acestora.

Pentru reglarea tensiunii în sistemele electrice de transport există diferite metode, care nu corespund însă cerinţelor sondei care se forează. Deosebit de acută devine problema alimentării cu energie electrică a sondelor de explorare petroliferă din fundul mării.

Cu cât aceste sonde sunt mai în larg cu atât menţinerea tensiunii la un nivel mai adecuat este mai grea, din cauza căderilor mari de tensiune în linie.

In 1942, C. N. Culi — Zade a propus [1] ca să fie ridicată tensiunea la barele instalaţiei de distribuţie a sondei prin compensarea reactanţei inductive a liniei, utilizând capacitatea

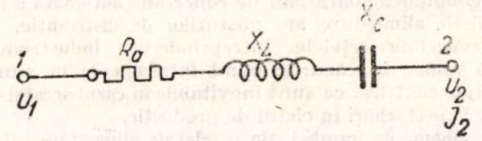


Fig. 1

unui condensator conectat în serie cu linia.

Privind condensatorul conectat în serie ca

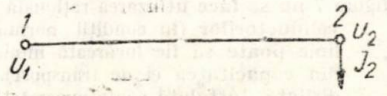


Fig. 2

un regulator de tensiune trebue menţionate particularităţile acestui sistem:

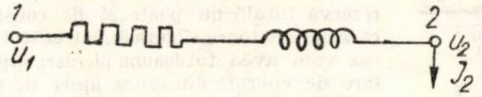


Fig. 3

1) funcţionarea lui în cazul trecerii prin el a curentului de linie:
2) intrarea instantanee în acţiune;
3) intrarea automată în acţiune;

*) După „Energ. Biuleten" No. 8/1951.

4) simplicitatea deservirii și montării.

Curentul din linie trecând prin condensator, provoacă în el căderea de tensiune Δu_c, a cărei mărime pentru valoarea aleasă a reactanței capacitive X_c a condensatorului este direct proporțională cu intensitatea curentului scurs. De aici rezultă particularitățile arătate mai sus.

Să examinăm principiul compensării prin condensatori conectați în serie.

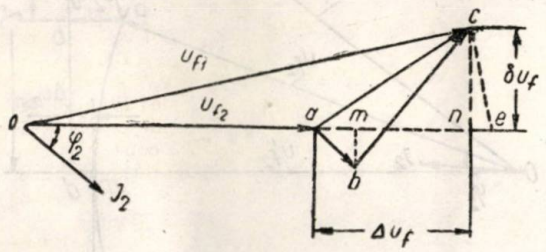


Fig. 4

Dacă luăm cazul cel mai simplu, o linie cu sarcina concentrată la capătul ei (fig. 1) — și figurăm schemele echivalente (fig.2) cu rezistența activă și reactanța inductivă concentrate, iar în cazul condensatorului conectat în serie deasemenea și cu reactanța capacitivă X_c (fig. 3), atunci diagramele vectoriale ale liniei după cum se știe, se vor prezenta așa după cum este arătat în fig. 4 și 5.

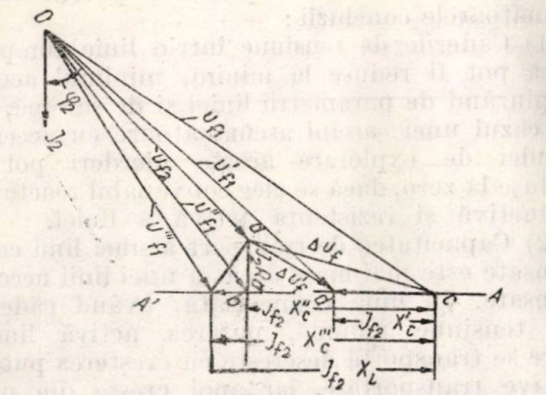


Fig. 5

Aci $\overline{Oa} = u_{f2}$ — tensiunea pe fază la capătul liniei;

$\overline{Ob} = \frac{I_{f2}}{\cos \varphi_2}$ — curentul de sarcină; factorul de putere al sarcinii;

$\overline{ab} = I_{f2}R$ — căderea de tensiune datorită rezistenței liniei;

$\overline{bc} = I_{f2}X_L$ — căderea de tensiune în reactanța inductivă a liniei;

$\overline{ac} = u_{f1} - u_{f2}$ căderea totală de tensiune în linie;

$\overline{an} = \Delta u_f$ — componenta longitudinală a căderii de tensiune;

$\overline{cn} = \delta u_f$ — componenta transversală a căderii de tensiune.

In cele ce urmează presupunem că lungimea liniei electrice de transport, care alimentează sonda nu va depăși câteva zeci de kilometri, deaceea susceptanța unei linii așa de scurte poate fi neglijată; deasemenea poate fi neglijată și conductanța ei, care la tensiunea de 6,3 kV este neînsemnată.

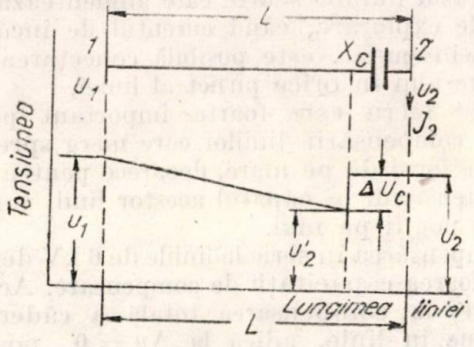


Fig. 6

In fig. 5 este reprezentată compensarea parțială a reactanței inductive a liniei, cu ajutorul condensatorului având reactanța capacitivă X_c. Aici $I_{f2}X_c$ reprezintă căderea de tensiune în condensator.

In cazul unor parametri constanți și al unei sarcini constante a liniei în cazul variației valorii capacității conectate în serie, vârful vectorului de tensiune dela sfârșitul liniei se va

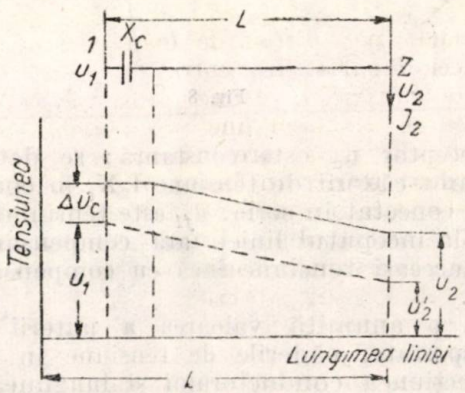


Fig. 7

deplasa pe dreapta $A - A'$, iar valoarea pierderilor de tensiune micșorându-se, devine nulă trecând apoi prin valori negative când are loc o supracompensare.

Variația tensiunii dealungul liniei având condensatorul racordat la sfârșitul ei, este reprezentat în fig. 6.

Aici u_1 este tensiunea la începutul liniei;

u_2' — tensiunea la sfârșitul liniei, înainte de condensator:

Δu_c — căderea de tensiune în condensator;

u_2 — tensiunea la sfârșitul liniei, după condensator.

Variația tensiunii dealungul liniei când condensatorul este conectat la începutul liniei este reprezentată în fig. 7.

Aici u_2' este tensiunea la sfârșitul liniei, fără compensarea în serie :

u_2 — idem, încă cu compensarea în serie.

In cazul liniilor scurte care alimentează sondele de explorare, când curentul de încărcare este neînsemnat, este posibilă conectarea condensatorului în orice punct al liniei.

Acest lucru este foarte important pentru cazul compensării liniilor care merg spre sondele de foraj de pe mare, deoarece pentru creșterea tensiunii la capătul acestor linii, condensatorii pot fi pe mal.

Compensarea în serie la liniile de 6 kV depinde de valoarea capacității de compensare. Această valoare, la compensarea totală a căderii de tensiune în linie, adică la $\Delta u = 0$, poate fi determinată din diagramalele vectoriale din fig. 8, la baza cărora stă ipoteza că tensiunea

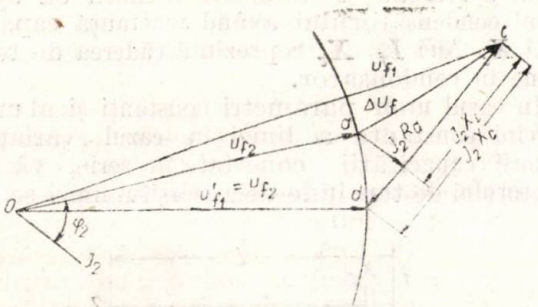


Fig. 8

la receptor u_2 este constantă ; se determină valoarea căderii de tensiune I_2X_c în condensatorul conectat în serie ; u_{f1} este tensiunea necesară la începutul liniei fără compensare ; u'_{f1} este aceeași tensiune încă cu compensarea în serie.

La o anumită valoarea a puterii active transportate, căderile de tensiune în funcție de secțiunea conductorului și lungimea liniei nu scade până la zero, ci au o valoare oarecare minimă Δu_{min}. Aceasta se vede din diagrama vectorială, reprezentată în fig. 9. Aici $md = u'_{f1} - u_{f2}$ este căderea de tensiune în linia compensată.

Cu o creștere a secțiunii conductorului și scurtarea liniei, deci și cu o reducere a rezistenței active, scade Δu_{min}. Creșterea puterii active transportate duce la mărirea lui Δu_{min}.

La anumite valori ale parametrilor liniei și ai sarcinii s'ar putea să nu aibă loc o micșorare a pierderii de tensiune într'o linie compensată, sau diferența între căderile de tensiune a unei linii compensate și a uneia necompensate, chiar pentru o valoare optimă a capacității de compensare ar fi, extrem de mică.

Valoarea pierderii de tensiune variază odată cu variația factorului de putere al sarcinii. In cazul factorilor de putere mici, se poate ajunge la o reducere mare a căderii de tensiune, cum este cazul liniilor care alimentează cu energie electrică sondele de foraj, care au sarcini cu factor de putere mic.

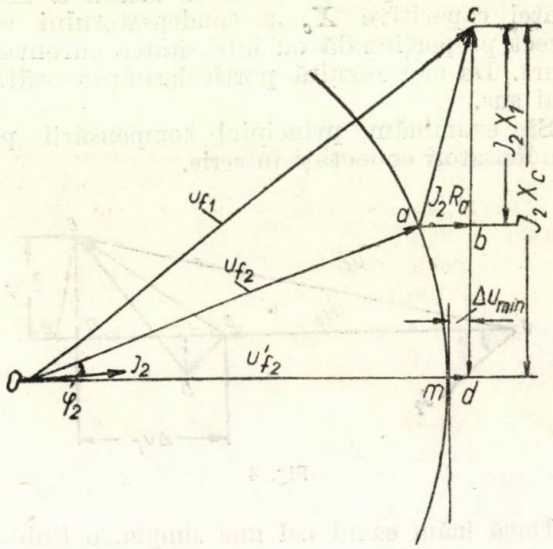


Fig. 9

La creșterea factorului de putere, eficacitatea compensării scade, și în cazul unui factor de putere al sarcinii egal cu 1, nu există diferență între căderile de tensiune corespunzătoare liniilor compensate și necompensate.

Comparând liniile electrice de tranport compensate cu cele necompensate, putem trage următoarele concluzii :

1) Căderile de tensiune într'o linie compensată pot fi reduse la minim, minimul acesta depinzând de parametrii liniei și de sarcină, iar în cazul unei sarcini asemănătoare cu aceea a sondei de explorare aceste pierderi pot fi reduse la zero, dacă se aleg convenabil reactanța inductivă și rezistența activă a liniei.

2) Capacitatea de transport a unei linii compensate este mai mare decât a unei linii necompensate. In linia compensată, având căderea de tensiune minimă, puterea activă limită care se transportă descrește cu creșterea puterii active transportate, iar apoi crește din nou. Pentru conductori de secțiuni mari dimpotrivă crește cu creșterea puterii active până la o anumită limită, apoi descrește, rămânând totuși mult mai mare decât puterea limită a liniei necompensate.

3) Factorul de putere la începutul liniei compensate este mai mare decât cel al liniei necompensate, și crește pe măsură ce se mărește puterea activă transportată.

4) Nu există nicio diferență între randamentul liniilor compensate și al celor necompensate.

Deoarece în prezent lipsesc condensatorii speciali pentru compensarea longitudinală a liniilor, pot fi utilizați condensatorii folosiți pentru ameliorarea factorului de putere, izolați față de pământ pentru tensiunea nominală a liniei.

Din cele expuse rezultă că avantajele reglării tensiunii cu ajutorul condensatorilor conectați în serie pot fi folosite cu cea mai mare eficacitate în liniile electrice de transport de 6 kV, care alimentează sondele de explorare îndepărtate (mai ales pe acelea de pe mare).

Practic, cercetările experimentale executate în laboratoarele de transport de energie electrică din Institutulu ide Energetică al Academiei de Științe a R.S.S. Azerbaidjan pe modele de linii și de transformatori, sunt insuficiente pentru a ajunge la concluzii definitive în ce privește exploatarea liniilor compensate. In stadiul actual de studiu al problemei este extrem de importantă experimentarea industrială a metodei indicate la liniile cu o lungime de 15—20 km, precum și efectuarea în paralel a studiului fenomenelor tranzitorii în sistemul compensat, elaborarea prescripțiilor tehnice pentru condensatorii speciali, și în general, alegerea definitivă a parametrilor optimi ai sistemului, care să asigure calitatea energiei electrice, cu care sunt alimentate sondele de explorare petroliferă.

Bibliografie

1. *C. N. Culi-Zade* „Compensârea capacitivă a pierderii de tensiune în liniile electrice aeriene". Izvestia din Azerbaidjan a AN U.R.S.S. Nr. 5, 1942.

DIN ACTIVITATEA A.S.I.T.

PLANUL DE MUNCĂ

pe 1953 al Secției Electricitate A. S. I. T. în sectorul energetic

Secția Electricitate din Consiliul Central ASIT a rezervat un loc important sectorului energetic, în planul său de muncă pe anul 1953.

Un plan de colaborare încheiat între Secția III-a a Academiei RPR și ASIT asigură prin Institutul de Energetică un sprijin concret și prețios activității Secției Electricitate. Diferitele capitole ale planului de muncă arată măsura în care s'a prevăzut această colaborare.

Planul Secției în general și al sectorului energetic în special s'a întocmit ținându-se seama de faptul că planul de electrificare presupune două eforturi însemnate : construirea centralelor producătoare de energie și a rețelelor necesare transportului și distribuției ei precum și fabricarea de mașini și aparataj electric.

Tânăra noastră industrie electrotehnică a reușit să-și înzecească producția numai în decurs de câțiva ani, și-a mărit sortimentul produselor, a trecut la fabricarea de produse noi și este preocupată de continua îmbunătățire a tuturor produselor sale. In ritmul în care ea se desvoltă, va face posibilă satisfacerea din ce în ce mai complectă a nevoilor țării noastre. In același timp se desvoltă și sectorul energetic. Construirea centralelor producătorae de energie electrică va duce numai în cursul primului plan cincinal aproape la mărirea de trei ori a puterii centralelor electrice existente la începutul planului de electrificare a țării noastre.

Cu toată această considerabilă creștere de putere, nevoile de energie cerută de continua industrializare și electrificare vor fi cel puțin tot atât de mari și rămâne în sectorul energetic o latură în care activitatea inginerilor și tehnicienilor membrii ai ASIT-ului poate aduce o reală contribuție. Este vorba de îmbunătățirea factorului de putere. Experiența sovietică ne-a arătat că rezolvări chiar parțiale ale acestei probleme au redus destul de mult consumul de energie reactivă cerută centralelor electrice.

Imbunătățirea factorului de putere este o problemă ce se pune în special consumatorilor de energie electrică și la rezolvarea căreia trebue să participe și industria de mașini electrice și aparate destinate îmbunătățirii factorului de putere.

Secția electricitate și-a propus desbaterea situației și măsurile necesare în cadrul unei consfătuiri pe țară, ce se va ține la începutul trimestrului III și a cărei pregătire a început.

Urmează deasemenea să ia parte la lucrările ei, ingineri și tehnicieni din Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice și Intreprinderile Regionale de Electricitate precum și energeticii șefi din ministerele industriale și din principalele întreprinderi tutelate de acestea.

Se vor prezenta referate privind problema din punct de vedere tehnico-științific, din punctul de vedere al întreprinderilor producătoare și distribuitoare de emergie, al întreprinderilor consumatoare și al întreprinderilor producătoare de mașini electrice.

Consfătuirea aceasta va permite un viu schimb de păreri, însușirea a numeroase cunoștințe noi și a experienței bogate a tehnicii sovietice.

Ea formează baza unei acțiuni ce va trebui continuată cu stăruință la locurile de muncă, conform liniilor trasate.

Reușita lucrărilor consfătuirii este mult condiționată de pregătirea prealabilă a participanților, pregătire ce formează o sarcină principală a resoartelor energetice din filialele ASIT.

R E C E N Z I I

ING. A. S. LEGLER: *Măsurarea rezistenţei de izolaţie la o reţea trifazică cu neutrul izolat.* Promâşlenaia Energhetica I, 1952.

Reţelele industriale de joasă tensiune, 380—500 V, cu neutrul izolat, prezintă un grad de siguranţă ridicat faţă de cele cu neutrul pus la pământ, numai dacă rezistenţa lor de izolaţie faţă de pământ se menţine într'adevăr la o valoare ridicată. Din această cauză se impune un control zilnic al valorii acestei rezistenţe, în special la acele instalaţii, ca de ex, mine, unde punerea la pământ a neutrului este interzisă şi din motive de securitate tehnică.

Măsurătoarea trebue astfel executată, încât să nu fie nevoe de întreruperea funcţionării reţelei, iar pe altă parte se exclude schema cunoscută cu 3 voltmetre electromagnetice, legate în stea, care este pusă la pământ, atât pentru că este prea puţin sensibilă, cât şi pentrucă implică prin ea însăşi o legătură la pământ care reduce mult rezistenţa izolaţiei faţă de pământ.

Autorul propune în consecinţă pentru măsurarea rezistenţei de trecere la pământ în cazul arătat mai sus, adică fără întreruperea tensiunii de regim, folosirea unui voltmetru magneto-electric, conectat prin intermediul unui redresor cu acţionare de $^1/_2$ de perioadă, aşa zisul „voltmetru-ventil". Se deduce în mod analitic formula pentru rezistenţa de trecere la pământ a întregei reţele: $r_{us}\left(\frac{\sqrt{3}\,U\,\alpha\cdot\beta}{\Sigma\,U_v}=1\right)\cdot r_v$

unde:

U = tensiunea între fazele reţelei în volţi.
U_v = indicaţia „voltmetrului-ventil" în volţi.
α = coeficientul de redresare al redresorului.
β = coeficientul de conductivitate.
r_v = rezistenţa interioară a „voltmetrului-ventil".

După etalonarea aparatului, care indică în volţi, se stabilesc tabele sau curbe, din care se poate extrage în funcţie de indicaţia „voltmetrului-ventil", valoarea rezistenţei „r" în unităţile adecvate (K sau M) pentru fiecare fază în parte.

Pentru stabilirea rezistenţei de izolaţie a reţelei întregi, se fac 3 măsurători, între fiecare fază şi pământ, citirile respective la voltmetrul-ventil se adună şi suma lor se transformă în unităţi de măsură corespunzătoare cu ajutorul tabelei susamintite. Dacă cele 3 citiri r_1, r_2 şi r_3, sunt egale între ele, rezistenţele de izolaţie ale celor trei faze faţă de pământ sunt egale între ele. In caz contrar, o neegalitate a citirilor la voltmetru, indică prezenţa unei scurgeri la pământ la una sau două din fazele sistemului. Redresorul folosit pentru alimentarea voltmetrului este un cuproxid; pentru măsurători mai exacte poate fi înlocuit cu o lampă redresoare.

Aparatul descris de autor are avantajul de a elimina pierderi de curent alternativ, cele ale curentului redresat fiind neglijabil de mici.

In consecinţă racordarea voltmetrului la reţeaua sub tensiune, nu măreşte practic cu nimic tensiunea de trecere la pământ şi nu micşorează gradul de securitate tehnică al reţelei.

Cand. şt. tehn. MANOILOV V. E. şi ing. GORDON G. I.: *Aparat de control al firelor de punere la pământ.* Promâşlenaa Energhetica, I, 1952.

Experienţa exploatării instalaţiilor electrice cu conductori de punere la pământ a dovedit numeroase defecte, datorită execuţiei necorespunzătoare a legăturii la pământ. De cele mai multe ori aceste defecte se oglindesc printr'o creştere considerabilă a rezistenţei de trecere la pământ, din cauza unui contact prost executat sau defectat în cursul exploatării.

Calitatea unei puneri la pământ este condiţionată, în afară de rezistenţa conductorului de punere la pământ şi a contactului cu placa de pământ precum şi de rezistenţa de trecere dela placă la pământ, care depinde de rezistenţa specifică a solului. Aceasta din urmă însă variază mai puţin şi în deosebi în funcţie de schimbarea sezonieră a rezistenţei specifice a solului. Mult mai des şi în limite mari variază rezistenţa legăturii la pământ, adică a conductorului şi a punctelor de contact.

Autorii au desvoltat un aparat de măsurarea rezistenţei conductorilor, de construcţie simplă, de principiul ohmetrului, cu alimentare dela 2 baterii uscate a 4,5 volţi, puse în paralel. Articolul descrie schema şi construcţia acestui aparat foarte folositor pentru identificarea defectelor la instalaţiile de punere la pământ.

Ing. M. S. GOLBERG: *Metodă nouă pentru determinarea curentului rezultant al unor generatori de curent continuu care lucrează în paralel.* Promâşlenaia Energhetica, I, 1952.

In uzinele electrotehnice care, pentru băile electrolitice, folosesc mai mulţi generatori de curent continuu, conectaţi în paralel, intensităţile fiecărei unităţi se ridică la câteva mii de amperi şi deci intensitatea totală a barei catodice sau anodice a băii electrolitice se ridică uneori până la zeci de mii de amperi. Măsurarea acestor intensităţi foarte mari de curent continuu se face cu ampermetre gradate şi înzestrate cu shunturile respective.

Shunturi pentru intensităţi de 6000 A se fabrică în mod curent din plăci de mangan, iar cele pentru intensităţi de zeci de mii de amperi (curentul rezultant), se obţin prin sisteme de shunturi de 6000 A legate în paralel. Montajul acestor shunturi prezintă dificultăţi mari. Inginerii Copâtov şi Cavităchi au elaborat o metodă care foloseşte un shunt pentru măsurarea curentului însumator, a cărui valoare efectivă atinge uneori câteva zeci de mii de amperi. Totodată se simplifică montajul prin folosirea conductorilor izolaţi în locul barelor de aramă sau aluminiu pentru legarea shuntului.

Autorul dă expresia analitică a valorii căderii de tensiune în shuntul ampermetrului însumator, care este direct proporţională cu suma căderilor de tensiune din shunturile individuale ale generatoarelor şi poate servi deci drept indicaţie a sumei sarcinilor tuturor generatorilor care lucrează în paralel.

Ing. GHENKIN B. I.: *Despre cauzele funcţionării defectuoase a sistemelor combinate de încălzire şi ventilaţie în întreprinderile industriale.* Promâşlenaia Energhetica, II, 1952.

O mare parte din întreprinderile industriale din U.R.S.S. folosesc termoficarea, adică utilizarea aburului destins în maşinile de forţă, pentru încălzirea clădirilor, atelierelor, etc.

La unele din acestea s'a constatat o funcţionare defectuoasă a sistemului de încălzire, cât şi a ventilaţiei, din motive de proiectare greşită. Astfel unele proiecte se bazează pe valori prea mici de pierderi pe conductele principale de transport ale agentului purtător de căldură (apă fierbinte) şi deci în realitate nu se ating în punctele de racordare ale instalaţiilor noi, valorile calculate pentru presiunea pe conductă, care condiţionează afluxul unei cantităţi de căldură normale. Uneori proiectarea nu ţine cont de necesitatea de reglare (manuală sau automată) a debitului de apă fierbinte, în funcţie de condiţiile climaterice exterioare.

Un alt defect des întâlnit, este legarea în derivaţie a unui număr considerabil de calorifere la conducta de intrare, ceeace — din cauza rezistenţei hidraulice relativ reduse a fiecărui calorifer în parte — are în mod practic drept consecinţă circulaţia agentului termic (apă fierbinte) prin primele unităţi de calorifere, cele mai îndepărtate de punctul de intrare al conductei necontribuind aproape de loc la funcţionarea sistemului de încălzire. Astfel scade bineînţeles cantitatea totală de căldură transmisă.

Cea mai mare eficacitate se poate obţine printr'o reglare individuală a instalaţiilor de încălzire combinate cu ventilaţia şi pe de altă parte o reglare în grup a aparatelor de încălzire, tip radiator. In consecinţă racordarea acestor două tipuri de aparate de transmisie la una şi aceeaşi conductă de alimentare se datoreşte unei proectări defectuoase, care nu ţine cont de diferenţa sistemului de reglare.

O altă greşeală a proiectanţilor este încărcarea instalaţiilor cu aparate de prisos, însă costisitoare şi pe de altă parte omiterea unor instrumente de măsură indispensabile pentru controlul bunului mers al instalaţiei.

Pentru îmbunătăţirea instalaţiilor de încălzire considerate, şi înlăturarea radicală a defectelor constatate, autorul propune aplicarea unor măsuri corespunzătoare ca de ex.:

dimensionarea corectă a conductelor principale, automatizarea reglajului sistemului de termoficare, separarea alimentării aparatelor de termo-ventilaţie de alimentarea radiatoarelor, legarea în serie a caloriferelor, etanşeitatea perfectă a instalaţiilor de ventilaţie şi altele.

Ing. GATEEV S. B.: *Folosirea glicerinei ca purtător de căldură pentru uscarea bobinajelor maşinilor electrice.* Promâşlenaia Energhetica, III, 1952.

Pentru încălzirea autoclavelor industriale în care are loc uscarea şi împregnarea bobinelor maşinilor electrice în cursul fabricaţiei, se foloseşte în mod obişnuit abur de medie presiune. Presiunea relativ ridicată a agentului de transmitere a căldurii (aburul) complică aparatura tehnologică şi îngreunează exploatarea. Pe lângă aceasta încălzirea nu este permanent constantă şi reglarea temperaturii nu este destul de fină şi precisă. Se folosesc în consecinţă pentru obţinerea temperaturilor necesare, cuprinse între 150—300° C, în ultimul timp şi alte substanţe între care difenilnaftalina, tetraclordifenilul şi în special glicerina. Glicerina care fierbe abia la 290°C, prezintă avantajul că în procesele tehnologice de uscare până la temperatura de 250°C, poate fi folosită în stare lichidă la presiunea atmosferică simplificând astfel mult aparatura şi funcţionarea acesteia.

Reglarea temperaturii în limite mici se realizează destul de bine. Autorul descrie aparatura folosită, atât în cazul trecerii glicerinei direct prin autoclave cât şi în cazul utilizării glicerinei drept vaporizator pentru apă şi transmiterea căldurii în autoclave prin vapori de apă. In acest caz avantajul este că se poate folosi pentru încălzirea glicerinei până la 250°C un cazan de construcţie simplă, cu presiunea de 1 at. iar glicerina lichidă la temperatura de 240° vaporizează într'un schimbător de căldură apa la temperatura de cca. 191° şi presiunea de 13 at. care trece în autoclave.

Ing. FILATOV A. A.. *Disjunctor automat pentru mersul în gol al agregatelor de sudură electrică.* Promâşlenaia Energhetica, III, 1952.

Autorul descrie un întrerupător automat construit de tehnicienii Duşenco şi Fedotov şi care are drept scop să întrerupă funcţionarea generatorilor de sudură electrică, acţionaţi de motoare electrice, în perioadele de mers în gol. Astfel se evită micşorarea factorului de putere al instalaţiei de alimentare şi se economiseşte energia electrică.

Dispozitivul poate fi folosit cu succes la instalaţii fixe, montate în ateliere de sudură, unde acţionarea generatorilor de sudură se face cu motoare electrice. Construcţia este simplă şi poate fi executată cu elemente care se găsesc în orice atelier electric.

Ing. TRIFEL şi ing. ENGHIBAROVA: *Despre punerea la pământ a stâlpilor metalici la liniile aeriene din industria petroliferă cu tensiuni până la 10 kV.* Promâşlenaia Energhetica, III, 1952.

Autorii analizează aplicarea regulelor de construirea instalaţiilor electrice din 1950, în condiţiile industriei petrolifere şi posibilitatea măririi rezistenţelor de scurgere maximal admisibile, la stâlpii metalici.

Din expunerea bazată pe rezultatele practice urmărite în mai multe trusturi petrolifere, rezultă că rezistenţele de scurgere ale stâlpilor metalici ai liniilor electrice din industria petroliferă, cu tensiuni sub 10 kV, pot fi admise de 2—3 ori mai mari, decât prevăd regulele susarătate, în funcţie de tensiunea de regim.

Această rezistenţă poate varia deci până la valori dela 20 la 30 ohmi. Stâlpii metalici ai liniilor electrice amintite sunt montaţi în mare parte în soluri cu rezistenţe specifice foarte mari, unde instalarea unor dispozitive suplimentare de punere la pământ este ineficace şi nerentabilă.

In aceste cazuri se recomandă montarea unui cablu de oţel special pentru punerea stâlpilor la pământ, cablu care în cazul liniilor în funcţiune, poate fi montat pe stâlpi chiar sub conductorii activi. Legarea în paralel a stâlpilor metalici faţă de pământ prin mijlocirea acestui cablu îmbunătăţeşte rezistenţa de trecere la pământ, aducând-o la valori chiar înlăuntrul celor prescrise.

Ing. G. Brener

M. V. MEEROV: *Bazele reglajului automat al maşinilor electrice.* Gosenergoizdat, Moscova, Leningrad, 1952. 176 pagini.

Literatura sovietică posedă numeroase lucrări relative la reglajul automat şi la stabilitatea sistemelor dinamice. De altminteri printre clasicii teoriei reglajului automat se numără: I. A. Vîişnegradschi, Acad. A. A. Andronov, I. N. Voznesenschi, A. V. Mihailov şi alţii. In aceece priveşte problema conexă a stabilităţii sistemelor dinamice, amintim de faptul că această teorie se bazează în esenţă pe lucrările lui Liapunov. Din lucrările recente amintim de I. G. Malchin: Teoria stabilităţii mişcării, Moscova-Leningrad, 1952 şi G. I. Udboşin: Bazele teoretice ale stabilităţii mişcării, Editura Universităţii din Moscova, 1952. De asemenea trebue amintită lucrarea foarte importantă a lui V. V. Solodovnicov, Introducere în dinamica statistică a sistemelor cu conducere automată, Moscova, Leningrad, 1952.

Lucrarea lui Meerov se caracterizează, ca întreaga literatură sovietică de altfel, prin faptul că problemele sunt tratate la un nivel înalt, şi în acelaş timp legate de practică. De asemenea expunerea este foarte clară, sistematică, începând cu elementele teoretice şi sfârşind cu exemple de aplicaţii, de calcul a sistemelor de reglaj.

In primul capitol se studiază elementele sistemelor de reglaj automat: elementele de măsură, care măsoară permanent mărimea de reglat, amplificatorii şi în fine elementele propriuzise de reglaj, care readuc mărimea controlată la valoarea corectă.

Capitolul doi trece la tipurile şi la structurile schemelor de reglaj automat, unde se tratează de asemenea problema preciziei reglajului.

Legată de această problemă este aceea a stabilităţii sistemelor, problemă ce formează obiectul capitolului următor. Aci se expun criteriile de stabilitate ale lui Routh, Hurwitz, Mihailov, criteriul stabilităţii aperiodice, curbele lui Vîişnegrâdschi, şi criteriul amplitudinii şi fazei, adică criteriul lui Nyquist. Criteriile sunt toate demonstrate. De asemenea se dau şi exemple. In afară de criteriile amintite mai sus, şi care sunt în general bine cunoscute, se expune pe larg şi criteriul general de stabilitate al lui Iu. I. Neimarc.

Cu aceasta, partea teoretică este încheiată, şi se trece la aplicaţii. Capitolul patru studiază dispozitivele stabilizatoare, studiindu-se stabilizarea tensiunii cu ajutorul tiratronilor şi sistemele cu urmărire. Aceste din urmă sisteme se caracterizează prin aceea că mărimea de reglat reproduce o variaţie dată.

Capitolul cinci studiază calitatea sistemelor de reglaj automat. Această calitate se exprimă prin gradul de sensibilitate, care se poate determina din caracteristica de frecvenţă a sistemului sau direct din ecuaţia diferenţială a sistemului de reglaj automat.

Dat fiind că soluţia exactă a sistemului de ecuaţii descriind un sistem de reglaj, nu se poate obţine în general decât cu destulă dificultate, se indică şi metode de aproximare care permit determinarea proceselor ce au loc în timpul reglajului.

Ultimele două capitole au un caracter mult mai aplicativ. Al şaselea, dă câteva principii despre realizarea sistemelor de reglaj automat: punerea problemei; sisteme de reglaj constând din N etaje de relaxare şi un etaj de reglaj; utilizarea etajului de stabilizare la sistemele utilizând trei şi patru etaje de relaxare; determinarea limitei măsurătorii, a amplificării şi a reacţiei.

In ultimul capitol se dau exemple de calcul pentru sistemele de reglaj. Ca exemplu se ia un motor de curent continuu, de 1,5 kW, alimentat la 120 V. Se cere a se regla viteza motorului cu o precizie mai mare de 0,12%, iar întârzierea reglajului să fie mai mică de 0,6 secunde. Se alege mai întâi structura schemei de reglaj care se va utiliza, se determină factorul de amplificare, se studiază procesele tranzitorii, şi se determină curbele de răspuns.

Cartea cuprinde la urmă tabele de funcţia *h*.

Nivelul cărţii este înalt, fiind destinată oamenilor de ştiinţă şi inginerilor ce lucrează în domeniul reglajului automat.

Edmond Nicolau

REVISTA REVISTELOR

TEMATICA REVISTELOR SOVIETICE DE SPECIALITATE

„Energetica Industrială" (Promâşlenaia energhetica).

Ianuarie — Martie 1952

a) Enumerarea articolelor ştiinţifice publicate în primul trimestru al anului 1952.

Ianuarie 1952

1. Turnarea zincului electrolitic în cuptoare de inducţie cu miez de fier.
2. Schema electrică a alimentării în grup a transformatorilor de sudură.
3. Măsurarea rezistenţei de izolaţie la o reţea trifazică cu centrul izolat.
4. Aparat de control al firelor de punere la pământ şi al firelor neutre.
5. Metodă nouă pentru determinarea curentului rezultant al unor generatori de curent continuu, care lucrează în paralel.
6. Aplicarea metodei magnetice pentru verificarea durităţii pieselor călite.
7. Despre problema sistemelor de determinarea sarcinilor electrice la întreprinderile industriale.
8. Modificări în schema unui redresor cu mercur de mare putere.

Februarie 1952

1. Pierderile cantitative de energie în reţele cu aer comprimat.
2. Despre repararea patroanelor de siguranţă de înaltă tensiune tip PK.
3. Despre cauzele funcţionării defectuoase a sistemelor combinate de încălzire şi aerisire în întreprinderile industriale.
4. Executarea legăturilor la conductori aerieni prin presare.
5. Despre măsurile tarifare în legătură cu mărirea factorului de putere (cos.φ) în industrie.

Martie 1952

1. Din experienţa de economisire a energiei electrice la o fabrică de rulmenţi.
2. Normarea consumului de energie şi criteriul calităţii procesului tehnologic în ateliere mecanice.
3. Folosirea glicerinei ca purtător de căldură pentru uscarea bobinelor maşinilor electrice.
4. Disjunctor automat pentru mersul în gol al agregatelor de sudură electrică.
5. Despre legarea la pământ a stâlpilor metalici la liniile aeriene din industria petroliferă, cu tensiune până la 10 000V.
6. Despre repararea condensatorilor statici.

ENERGHETICESCHI BIULLETEN

Nr. 1 – 1953

Roddatis C. F., Sapchin I. F. ş. a. 621.181.5.001.41 : Rezultatele încercării unui cazan de mică capacitate cu două tambure şi ţevi de apă verticale 1

Djavarlî G. M., Eremin C. A. ş. a. 621.34 :662.75 :Studiul metodei electrice de deshidratare cu tensiune de impulsuri a emulsiilor de produse de petrol 10

Farhadzade M. M. 621.34 : 622.323 : Valoarea puterii racordate limită la pornirea automată a electromotoarelor pompelor de adâncime 16

Movsesov N. S. 621.311.152 :658.26 : Introducerea anclanşării automate a rezervei în schemele de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale . . 21

Vărâpaev N. S. 621.311.152 : 622.323 : Câteva probleme ale proectării şi construirii obiectelor alimentării cu energie electrică a exploatărilor petrolifere. .

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

EDITURA ENERGETICA DE STAT

CĂRŢI APĂRUTE:

N. A. Semenenco: **„Resurse energetice secundare în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 216 pag. . . 11,60 lei

V. N. Pocrovschi: **„Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice"**, (traducere din limba rusă) — 244 pag. . 15,— „

P. A. Dolin: **„Repararea transformatorilor"**, (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 10,95 „

N. Gheorghiu şi P. Militaru: **„Iluminatul electric"**, 416 pag. 18,20 „

B. M. Tareev: **„Materiale electrotehnice"** (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 12,90 „

L. V. Litvac: **„Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale"**, (traducere din limba rusă) — 120 pag. . . . . 7,80 „

M. S. Riabov: **Partea electrică a instalaţiilor de iluminat"**, (traducere din limba rusă) — 232 pag. . . . . 13,50 „

M. I. Cuznețov: **„Electrotehnica"**, (traducere din limba rusă) 512 pag. . . . . 15,60 „

N. G. Drozdov: **„Electricitatea statică în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 160 pag. . . . . 9,45 „

C. D. Voscresenschii: **„Culegere de probleme de transmiterea căldurii"**, (traducere din limba rusă) — 204 pag. 11 „

C. S. Ţâchin: **„Transformatorii de joasă frecvenţă"**, (traducere din limba rusă) — 416 pag. . . . . 23,58 „

P. V. Borisoglebschi — **„Bazele fizice şi metodele pentru încercarea preventivă a izolaţiei industriale"** (traducere din limba rusă) — 228 pag. . . . . 12,10 „

L. B. Rivlin: **„Motoarele electrice şi exploatarea lor"** (traducere din limba rusă) — 384 pag. . . . . 22,80 „

I. S. Antoniu şi H. Albert: **„Culegere de probleme de electrotehnică"** — 296 pag. . . . . 14,80 „

I. L. Baida: **„Curs general de măsurări electrice"** (traducere din limba rusă) — 390 pag. . . . . 25,95 „

S. N. Sorin: **„Instalaţii de cazane"** (traducere din limba rusă) 224 pagini . . . . . 17,70 „

V. I. Bunkin: **„Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur"** (traducere din limba rusă) — 280 pag. . . . . 19,15 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

N. L. Butenco: **„Călăuza lăcătuşului la montarea suprafeţelor de încălzire ale cazanelor cu abur"**, (traducere din limba rusă) — 112 pag. . . . . 5,41 „

A. S. Sereda: **„Reparaţiile rapide şi mărirea siguranţei în exploatarea centralelor termoelectrice"** (traducere din limba rusă) — 136 pag. . . . . 6,25 „

V. A. Orlov: **„Aparate automate pentru analiza gazelor la centralele electrice"** (trad. din limba rusă) — 116 pag. 6,35 „

A. A. Vasiliev: **„Bateriile de acumulatori în sistemele energetice"** (traducere din limba rusă) — 152 pag. 7,20 „

G.S. Bobrovschi: **„Călăuza fochistului dela instalaţiile industriale de cazane"**, (traducere din limba rusă) — 136 pag. 7,40 „

E2039

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ÖSNER - CSLRE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMENA

KAT

Országos Műszaki
Könyvtár
BUDAPEST

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

4 2944

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Aprilie 1953 ★ Nr. 4 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.3 3.57.2

SUMARUL

Pag.

HIDROENERGETICA

Prof. Ing. Cristea Mateescu: Orientări actuale în hidroenergetică 1

TERMOENERGETICA

Ing. Ion Nerescu: Tendinţe şi realizări în construcţia turbinelor moderne cu abur 13

ELECTROENERGETICA

Ing. C. Mihăileanu: Consideraţiuni asupra unui gen de transformatori cu două tensiuni secundare . . 27

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

Dorian Dorel: Probleme de planificare şi organizare la construcţiile de centrale electrice în URSS . 32

Al. S. B.: Privire asupra desvoltării hidroenergeticii sovietice, până la marile construcţii ale comunismului 36

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Кристя Матееску, проф. инж.: Современные ориентации в гидроэнергетике 1

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Ион Нереску, инж.: Направления и успехи строительства современных паровых турбин 13

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

К. Михайляну, инж.: Соображения о трансформаторе с двумя вторичными напряжениями 27

ИЗ ОПЫТА СССР

Дориан Дорел: Вопросы планификации и организации при строительстве электростанций в СССР 32

Ал. С. Б.: Обзор развития советской гидроэнергетики до великих строек коммунизма 36

ORIENTĂRI ACTUALE ÎN HIDROENERGETICĂ

Prof. Ing. CRISTEA MATEESCU

Autorul expune orientările actuale în hidroenergetică. Se examinează condițiile naturale în care se desvoltă hidroenergetica și se analizează amănunțit condițiile tehnice și în deosebi tendințele de mecanizare a lucrărilor. Se studiază apoi condițiile economice ale amenajărilor hidroenergetice, cu exemplificări concrete din U. R. S. S. și din R. P. R.

I. CONDIȚIILE NATURALE

Cunoașterea condițiilor naturale și interpretarea fenomenelor naturale, care condiționează desvoltarea hidroenergeticii, au evoluat atât de mult în ultimele decenii încât se poate întrevedea apariția unor noi concepții în hidroenergetică.

Hidrologia s'a desvoltat la început închisă în ea însăși iar cei ce foloseau căderile de apă se interesau în special de regimul apei la debite mici, cu care se asigurau mai bine folosințele. Statistica se făcea simplu, fără a avea la bază o concepție, o teorie. Odată cu progresul statisticei matematice, metodele acesteia au pătruns în hidrologie, aducând mari servicii la rezolvarea problemelor care depind de debitele de apă, mărimi ce au caracterul unor variabile aleatorii. Prin exagerarea însă a aplicării statisticei matematice, s'a pierdut în unele cazuri sensul fenomenului fizic și, mergând pe linia concepțiilor idealiste, s'a văzut în cele mai multe fenomene hidrologice, simple fapte statistice. Prin aceasta s'au comis erori în ceeace privește evaluarea debitelor extreme și s'a neglijat considerarea factorilor de care depinde fenomenul hidrologic: clima, solul, geologia. Impotriva concepției statistice idealiste în hidrologia modrenă, s'a luat de curând, cu drept cuvânt, poziție realistă în cercurile științifice ale U.R.S.S. Datorită acestui reviriment, hidrografia va fi din ce în ce mai legată de climatologie și de hidrogeologie, statistica matematică rămânând la rolul ei just de instrument auxiliar.

Geologia a devenit din ce în ce mai mult indispensabilă la proiectarea și executarea uzinelor hidroelectrice. Rolul ei a crescut în urma accidentelor sau eșecurilor întâmplate la barajele-rezervoare, la tunelurile hidrotehnice și conductele forțate. Rolul geologului este astăzi hotărîtor în construcția marilor lucrări hidrotehnice; acest rol s'a dovedit util și în multe cazuri în care condițiile geologice păreau dubioase, iar geologul a putut elucida problemele în sens pozitiv.

Intrucât însă pentru rezolvarea problemelor tehnice ce se pun la proiectarea fundațiilor, trebue cunoscute constantele fizico-mecanice ale terenurilor, geologul trebue să colaboreze cu geotehnicianul.

Cum această nouă disciplină, care este *geotehnica*, s'a desvoltat mai mult în direcția studierii rocilor pământoase, cu predominarea cercetărilor de laborator, a fost nevoie de o a treia disciplină, înrudită cu geologia și geotehnica, disciplină de creație recentă, *geologia inginerească*. Ea pune accentul pe rămânerea în cadrul naturii, deci este în primul rând geologie; trebue să răspundă însă problemelor precise de inginerie, precum problemelor de stabilitate, rezistență și permeabilitate. Această nouă disciplină se servește de laboratorul și de metodele geotehnicii, de știința hidrologiei, de geofizică, realizând o sinteză de cunoștințe și metode.

Datorită cunoștințelor din ce în ce mai aprofundate ale terenului de fundație obținute prin aplicarea acestor discipline, construcția unui baraj nu mai poate fi privită ca acum 20 ani, ca o „experiență", care ar putea avea eventual rezultate negative. Marile răspunderi ale constructorului, legate de construcția unui baraj, nu mai lasă loc liber unor experiențe cu rezultate îndoelnice. Trebue să recunoaștem că sunt și astăzi cazuri când nu putem avea o siguranță absolută, dar că asemenea cazuri sunt din ce în ce mai rare și că există și pentru ele posibilitatea de a se evita catastrofe, prin observarea fenomenelor de deformație și mișcare a fundațiilor, întrebuințând o aparatură specială, cu care se fac observații atât în timpul construcției cât și în timpul exploatării.

II. CONDIȚIILE TEHNICE

1. ECHIPAMENTUL ELECTROMECANIC

Descoperirile, invențiile, inovațiile și perfecționările aduse în construcția echipamentului electromecanic, în metodele de fabricație și de control al calității, au lărgit mult posibilitățile de realizare. Multe idei și invenții, datând de mai bine de 30 ani, au fost puse în aplicare abia cu încetul, fiind condiționate și de procesul tehnologic și de experiența în exploatare.

Ca invenție epocală, nu reținem decât construirea turbinei Kaplan, a cărei importanță a mers crescând, în mod continuu. Procesul de pătrundere a acestei turbine în domeniile ocupate de alte tipuri de turbină încă nu este terminat. Amintim avantajele acestei turbine: la același debit și aceeași cădere, ea poate admite o turație mare, deci un generator mai ieftin; la aceeași cădere și turație, debitul înghițit de această turbină este mult mai mare, deci și puterea; iar avantajul principal este o curbă a randamentelor aproape orizontală în funcție de admisiune, datorită palelor rotorului cu înclinare variabilă în timpul mersului, reglajul înclinării făcându-se automat prin mijlocirea

regulatorului dublu de turație. Deasemenea randamentul turbinei se menține ridicat pentru mari variații de cădere și turbina poate lua și suprasarcini. In acest mod, o singură turbină (sau un număr cât mai redus de turbine) Kaplan poate funcționa cu randament mare atât la variații mari de debit, cât și la variații de cădere. La început, acest tip de turbină revenea mai avantajos pentru căderi foarte mici și debite mari, apoi s'a folosit și pentru căderi mici și chiar mijlocii, iar de curând s'au construit (în Cehosolovacia) turbine Kaplan pentru căderi de 70 m.

Ideea extrem de fructuoasă a palelor reglabile din mers a pătruns încet și în alte domenii. Astfel:

a) pompa elicoidală cu pale orientabile înlocuește astăzi pompa centrifugală în instalațiile de irigație;

b) s'a reușit a se construi turbina-pompă Kaplan reversibilă — care poate servi alternativ ca turbină și ca pompă;

c) elicea marină cu pas variabil este un organ de propulsiune mai suplu decât elicea cu pas fix, putând să se adapteze mai bine condițiilor foarte variate de navigație pe mare;

d) elicea de avion cu pas reversibil permite frânarea extrem de eficace la aterisaj, etc.

Descoperirea fenomenului de cavitație a influențat favorabil construcția turbinelor hidraulice.

Datorită studiului sistematic al acestui fenomen, în laboratoare, s'a reușit a se lărgi câmpul de aplicare al turbinelor Kaplan, spre domeniul turbinelor Francis și a se fabrica turbine Pelton, mai puțin expuse la coroziuni din cauza cavitației.

Principalele mijloace întrebuințate astăzi împotriva fenomenului de cavitație sunt:

a) un desen ireproșabil al palelor și canalelor turbinei pentru a se evita apariția zonelor cavitare;

b) înecarea turbinelor sub nivelul canalului de fugă, ceeace reduce depresiunea dinamică prin punere sub presiune a tubului de aspirație;

c) întrebuințarea de oțeluri și aliaje inoxidabile.

O altă tendință care se observă este pătrunderea turbinelor Francis în domeniul turbinelor Pelton. Aceasta se datorește avantajelor de ordin economic, deoarece turbina Francis costă mai puțin și randamentul său în zona de maximum a curbei randamentelor este mai bun decât al turbinei Pelton. Folosirea turbinelor Francis pentru căderi mari se lovește de dificultăți care se pot considera astăzi ca înlăturate, în bună parte. In adevăr, la căderi mari, pentru a se evita pierderi mari de apă, între rotorul și statorul turbinei, se construesc labirinturi. Dacă apa nu este curată și conține nisip — chiar fin — materialul care căptușește labirintul se roade repede. Soluția este: folosirea unor materiale speciale foarte dure; totuși este necesar ca apa să conțină cât mai puțin nisip. O altă dificultate provine din cauza lungimilor mari de conductă forțată la căderi mari și necesitatea limitării loviturii de berbec, ceeace se face printr'o construcție ieftină (deflectorul) la turbinele Pelton. In ultimul timp, s'au construit și la turbinele Francis „vane de compensație" de tip mic — ieftin — care corespund ca funcțiune deflectorului, astfel că și această dificultate a fost înlăturată.

Numeroase alte perfecționări aduse proiectării și fabricației turbinelor și a regulatorilor lor au permis creșterea atât a puterii unitare a agregatelor, cât și a randamentelor lor.

Astfel, până acum câțiva ani, cele mai mari turbine Francis (montate în Manciuria, la Sungari), aveau 85 000 kW pe unitate. Turbinele

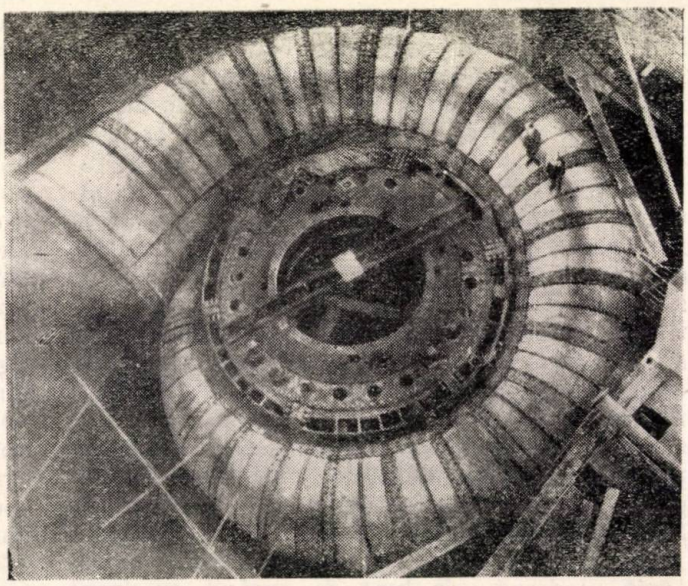


Fig. 1 Carcasa spirală a unei turbine Francis de 85000 kW

Kaplan ce se montează în hidrocentrala Kuibâșev de pe Volga desvoltă o putere unitară maximă de 100 000 kW, diametrul rotorului ajungând la limita posibilităților tehnice actuale adică 9 m. Aceste puteri unitare mari dau posibilitatea amenajării căderilor fluviilor de mare debit într'un spațiu redus și cu o schemă electrică mai simplă.

In ceeace privește randamentele, s'au obținut $\eta_{max} = 90\%$ pe modele, iar la turbinele în exploatare până la 93%.

Deși electrificarea necesită fabricarea de turbine de apă numeroase și foarte variate ca puteri, căderi și forme, totuși industria sovietică a stabilit un număr limitat de tipuri de turbine, în funcție de numărul specific de rotații (n_s) și de schema instalației (cu ax vertical sau orizontal, cu carcasă sau fără etc.), tipuri care acoperă toate nevoile ce se pot ivi în practică. Pentru aceste tipuri, sunt construite modele, care se încearcă în laborator și în baza încercărilor, se întocmesc topograme, care servesc la proiectarea oricărei turbine de tipul cores-

punzător. Paralel cu progresul construcției turbinelor, s'au realizat progrese corespunzătoare în construcția organelor auxiliare : regulatori, vane, lagăre, aparate de măsură și control.

Generatorii agregatelor hidroelectrice se fac aproape exclusiv direct cuplați cu turbina, spre a evita angrenajul și pierderea de randament corespunzătoare.

Dacă din punct de vedere electric, se remarcă perfecționări mai puțin importante în ultimii 30 ani, din punct de vedere mecanic și tehnologic, sunt de remarcat dispozitive care constitue progrese vădite.

Datorită răcirii artificiale, se folosește mai bine materialul electric și greutatea/kVA se micșorează. Prin construcția în carcasă închisă și introducerea în carcasă a unui gaz inert, se micșorează pericolul de incendiu. Rotorii de mare diametru și de turație din ce în ce mai mare, necesită materiale de o deosebită calitate pentru a rezista la solicitările forțelor dinamice.

Randamentele generatorilor hidroelectrici se garantează astăzi în U.R.S.S. la valori foarte ridicate, variind după puterea și tipul generatorului între 95% și 97,3% la plină sarcină.

Construcția generatorilor hidroelectrici este standardizată în U.R.S.S., stabilindu-se un număr de tipuri în funcție de turație și de putere.

Alternatorii uzinelor hidroelectrice sunt folosiți astăzi și ca motoare sincrone pentru îmbunătățirea factorului de putere al rețelei, în care scop turbina nu mai primește apă și prin introducerea de aer comprimat în aval de vana de admisie a turbinei, se evită pătrunderea apei și funcționarea rotorului ca frână.

In construcția aparatajului de mare tensiune, o invenție remarcabilă este aceea a întrerupătorilor cu aer comprimat, prin care se realizează o viteză mare de tăiere a curentului electric, cu suprimarea pericolului de explozie a uleiului și un aparataj de o greutate mult mai redusă.

Incheiem această scurtă privire asupra echipamentului electromecanic al centralelor, prin observația că procesul de automatizare al exploatării uzinei a mers crescând, realizându-se atât uzine comandate dela distanță — fără deservire prin personal propriu — cât și automatizarea în interiorul uzinelor prevăzute cu personal propriu, în scopul unei exploatări mai sigure si mai precise. In centralele hidroelectrice din U.R.S.S., automatizarea se desvoltă pe o scară vastă (exemplu, hidrocentrala „V. I. Lenin" de pe Nipru — Dnieproghes).

Progresele tehnice menționate mai sus se datoresc : *a*) cunoașterii din ce în ce mai aprofundate a fenomenelor naturale ; *b*) progresului științelor matematice ; *c*) metodelor de cercetare în laborator și în natură și în special cu ajutorul experiențelor pe modele ; *d*) metodelor noi de fabricație.

In ceeace privește progresul teoretic, este de remarcat că el se datorește îndeosebi problemelor puse de aerodinamică precum și constituirii unei discipline moderne : mecanica fluidelor, curpinzând fenomenele de mișcare ale tuturor fluidelor (lichide și gaze).

Rezultatele cercetărilor asupra aripei de avion, începute de Jucovschi și continuate de o pleiadă de savanți, au fost folosite și pentru determinarea formelor paletelor turbinelor, ale pompelor și ventilatoarelor.

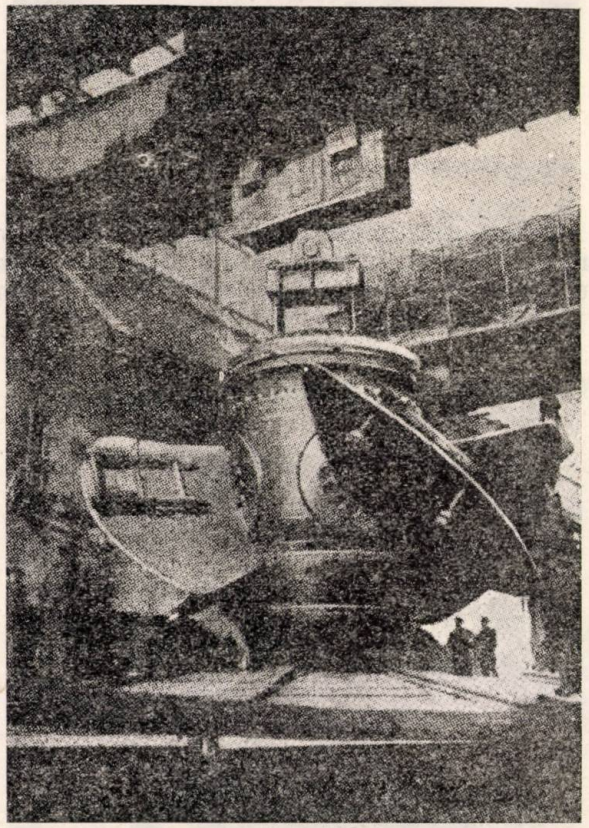


Fig. 2. Rotorul unei turbine Kaplan de 9 m. diametru

Pe de altă parte, legile similitudinii mecanice au fost aprofundate în așa măsură încât rezultatele încercărilor pe modele reduse pot fi în întregime folosite pentru mașinile și piesele în mărime naturală.

Consolidarea teoriei similitudinii a mers mână în mână cu perfecționarea metodelor de cercetare în laboratoarele hidrotehnice, printr'o mai mare precizie în construirea modelelor, în măsurarea presiunilor și vitezelor, prin metode precise de fotografiere a mișcărilor, prin studiul cavitației, cu ajutorul examenului stroboscopic aplicat nu numai la modele, dar chiar la turbine industriale montate în uzine (metodă aplicată din 1943).

Perfecționarea fabricației a rezultat din aplicarea metodelor de încercare a materialelor, dintre care enumerăm următoarele :

— determinarea eforturilor interioare prin fotoelasticitate.

— detectarea fisurilor în metale cu ajutorul pulberilor magnetice;

— examenul macroscopic la razele X, al sudurilor, cu aparate transportabile;

Fig. 3 *a*. Detectarea defectelor metalelor prin raze γ

— examenul macroscopic cu razele γ dure, produse de mezothoriu, ceeace permite întrebuințarea de aparate transportabile mult mai ușoare decât acele cu raze X;

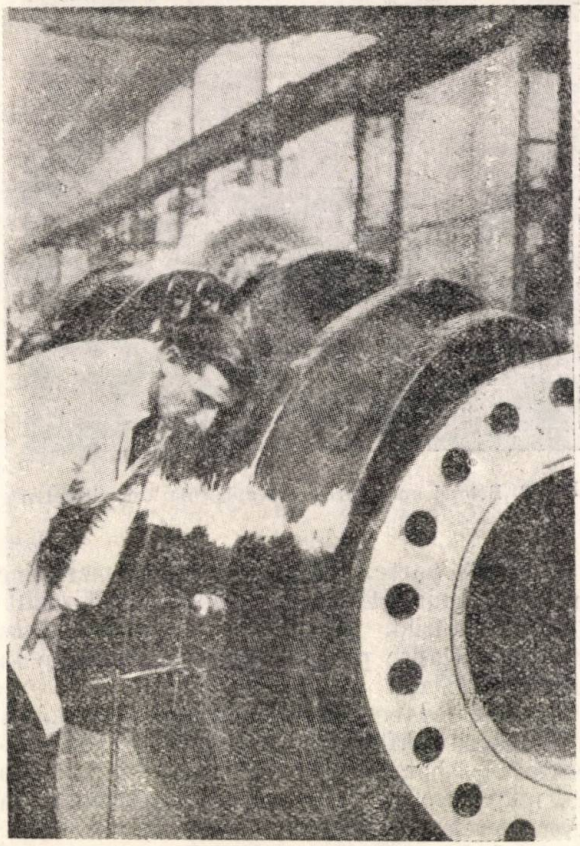


Fig. 3 *b*. Detectarea defectelor cu ajutorul aparatelor transportabile de raze γ

— examenul microscopic al metalelor cu ajutorul luminii polarizate;

— încercări ale metalelor la eroziune prin șocul picăturilor de apă;

— încercări de oboseala metalelor la eforturi alternative, simultan cu aplicarea de temperaturi înalte sau de agenți corosivi.

Prin asemenea metode de încercare și control, s'a putut extinde întrebuințarea tolelor și a profilelor laminate sudate în locul pieselor mari turnate, ceeace a adus reduceri mari în greu-

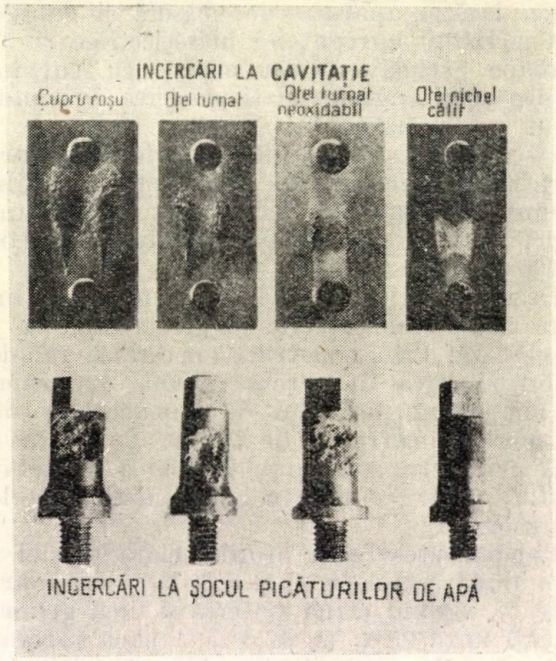


Fig. 4. Incercarea metalelor la cavitație și —comparativ— la șocul picăturilor de apă

tatea pieselor, s'au fabricat feroaliaje rezistente la cavitație, la șocuri, la eroziune, la acțiunea agenților corozivi, la acțiunea eforturilor alternate.

2. CONSTRUCȚIILE HIDROTEHNICE

Progresele realizate în construcțiile hidrotehnice se datoresc următoarele cauze: descoperirea de metode de calcul mai exacte și de metode de verificare în laborator; fabricarea unor materiale noi și îmbunătățirea calității materialelor de construcție; mecanizarea metodelor de executare a lucrărilor.

In cele ce urmează, se vor arăta principalele perfecționări intrate în practică.

a) Ca metode noi de calcul menționăm:

Aplicarea teoriei elasticității la calculul barajelor de greutate, al barajelor în arc, al barajelor-cupole.

Simplificarea și sistematizarea metodelor de rezolvare a ecuațiilor liniare cu un număr mare de necunoscute (metoda relaxării, metoda sarcinilor de probă, etc.).

Influența elasticității terenului de fundație asupra eforturilor în corpul barajului.

Verificarea calculelor pe modele reduse în laborator. Studiul teoretic și experimental al infiltrației prin corpul barajelor și în terenul de fundație. Menționăm în special metoda analogiei electrohidrodinamice a lui Pavlovski.

La tunelele hidrotehnice, unde domnea odinioară empirismul total, s'au stabilit — datorită savanților sovietici — o serie de formule practice pentru calculul căptușelilor. Este adevărat că atât la calculul barajelor cât și al tunelelor,

mai sunt o serie de fenomene pe care teoria nu le stăpânește încă îndeajuns : formarea fisu-

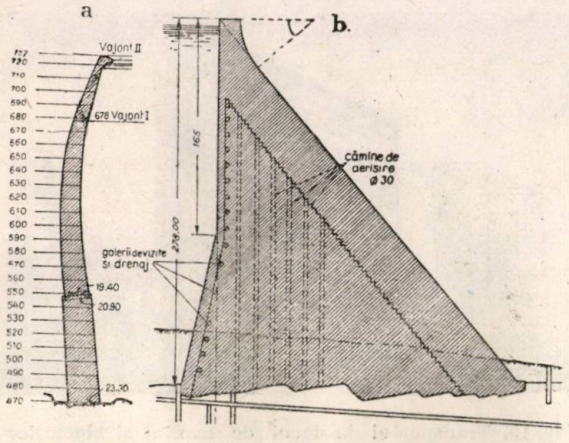


Fig. 5. Proectele a două mari baraje de beton :
a. Baraj în arc
b. Baraj de greutate de 278 m înălțime

rilor, curgerea lentă a betonului, umflarea unor roci, calculul puțurilor și galeriilor blindate.

Totuși progresele realizate până în prezent au permis înfăptuirea unor lucrări, depășind cu mult în importanță și îndrăzneală pe cele făcute de generația precedentă și cu o siguranță din ce în ce mai sporită.

b) Progrese hotărîtoare în tehnologia materialelor și în procedeele de construcții ; citățm următoarele :

— Realizarea cimenturilor cu proprietăți speciale : cimenturi cu rezistențe mecanice mari, cimenturi cu exotermie redusă, cimenturi rezistente la ape agresive, cimenturi expansive.

— Metode științifice pentru determinarea granulometriei optime a agregatelor betonului.

— Invenția vibratoarelor pentru beton.

— Metoda de preparare a unor prefabricate din materiale de calitate superioară.

— Procedeul de înfigere a piloților, palplanșelor, tuburilor, prin vibrare.

— Procedeele de consolidare și etanșare a terenurilor.

— Călirea betonului prin cofraje absorbante.

— Invenția betonului vacuumat.

— Invenția betonului coloidal și a plastificatorilor.

c) Mecanizarea metodelor de executarea lucrărilor. Prin mecanizarea unui număr de operații și crearea de utilaje în acest scop, s'au putut realiza lucrări de calitate superioară cu mâna de lucru redusă, în timp scurt și în cantități considerabile. Citățm câteva asemenea lucrări :

— Pentru marile lucrări de terasamente, s'au construit mașini de mare capacitate. Astfel, excavatoarele fabricate în ultimii ani au trecut la cupe de 14 m³ cu brațul de 75 m și mai recent, la excavatorul sovietic, gigantic, cu cupa de 32 m³, apoi screperele au trecut de 6 m³ și camioanele basculante, la 25 tone.

Procedeele hidromecanice de săpare, transport și sedimentare, au permis a se realiza în timp record lucrările dela Țimleanscaia și cele în curs la Kuibâșev, Stalingrad etc. In acest

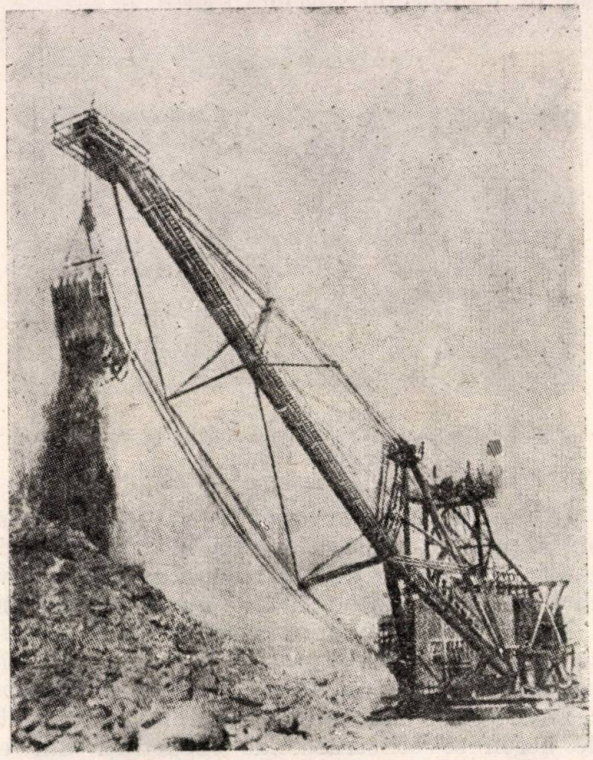


Fig. 6. Excavator pășitor, acționat electric, tip EIII 14/56

scop, s'au folosit pompe de noroi cu un debit de peste 1000 m³/h.

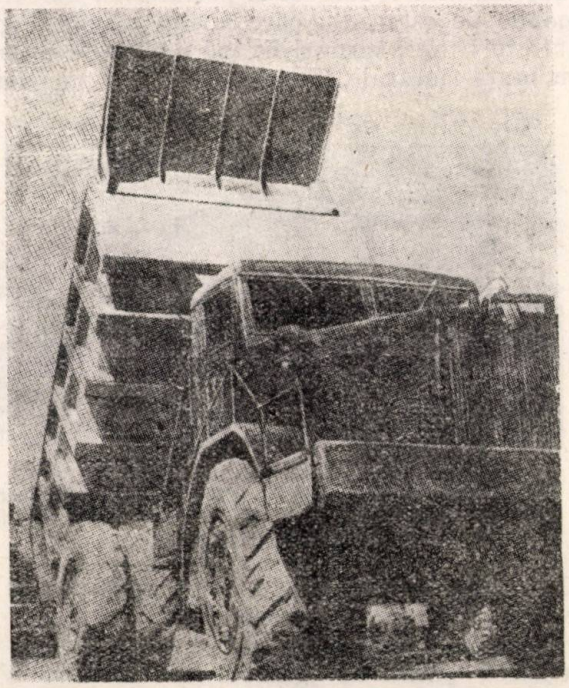


Fig. 7. Autocamion basculant sovietic de 25 t

Insăși extragerea din balastieră a agregatelor necesare betonului se face pe cale hidromecanică, deasemenea și transportul acestor agregate

pe distanțe de sute de metri, prin conducte închise, prin care circulă apa purtând agregatele de dimensiuni cât mai mari.

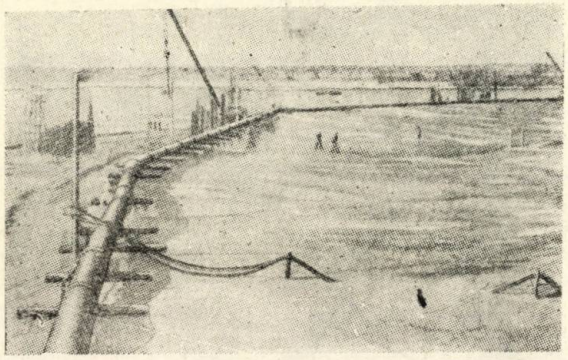


Fig. 8 Instalație de hidromecanizare la construirea barajului Stalingrad

In caz de lipsă de agregate naturale, ele se obțin prin concasarea pietrei în instalații gigantice, ca acelea dela Stalingrad și Kuibâșev, care au o capacitate totală de 6 milioane m³/an.

Lucrările de betonarea construcțiilor masive se execută fabricând beton în instalații unde transportul componenților, scoaterea, dozarea și amestecul se fac complect automat. Fabricile de beton se construesc de capacități din ce în ce mai mari, cu tendința de a depăși 5000 m³/24 ore.

Transportul betonului dela fabrica de beton la punctul de betonare, se face prin mijloace mecanice foarte variate. Cele mai folosite astăzi, sunt macaralele-funicular, portalurile, macarale mobile pe estacade, care uneori rămân înglobate în beton, turnuri fixe și mobile prevăzute cu brațe-macarale, derickuri fixe sau pe șenile.

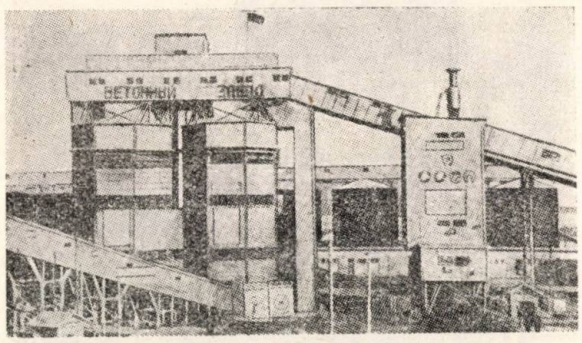


Fig. 9. Fabrică automată de beton de 4000 m³/24 ore (în clișeu, o secție a fabricei, de 1000 m³/24 ore) în funcție la Kuibâșev

In aceste cazuri, betonul este transportat în bene (găleți mari) cu deschidere mecanică, cu o capacitate crescândă (s'a depășit 9 m³). Se remarcă părăsirea jghiaburilor cu care s'au betonat baraje importante, deoarece se folosea un beton prea fluid, înlocuit astăzi cu un beton plast c și vibrat.

Alte două mijloace de transport al betonului au tendința de extindere: transportul pe benzi de cauciuc și transportul prin conducte sub presiune, betonul fiind împins cu pompe sau căzând prin greutate.

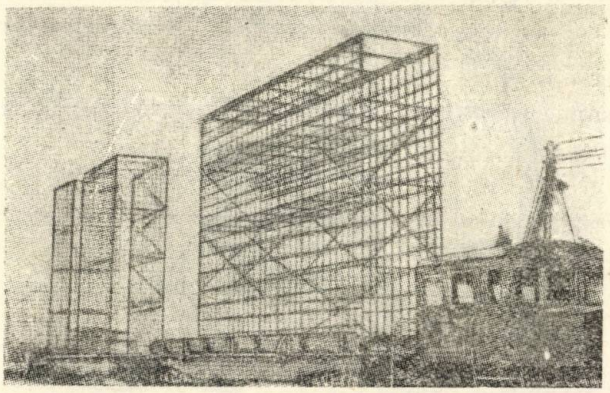


Fig. 10. Transportul la locul de montaj al blocurilor de armătură pentru baraje

Instalațiile de excavare în tuneluri permit astăzi excavarea la secțiune plină și cu viteze până la 12 m/24 ore. In acest scop, se întrebuințează perforatoare grele de 70 kg așezate pe suporți speciali sau cărucioare pe șine prevăzute cu platforme pe care se instalează mai multe perforatoare obișnuite lucrând simultan.

Se mecanizează și încărcarea materialului excavat, cu ajutorul lopeților mecanice (până la 60 m³/h), în vagonete de capacități din ce în ce mai mari, cu tracțiune electrică sau Diesel.

Betonarea căptușelilor se face deasemenea mecanizat, folosind pompa de beton cu cofraje metalice mobile.

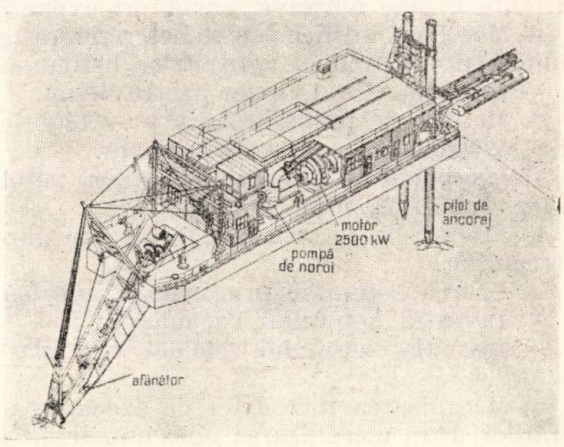


Fig. 11. Dragă refulantă cu o producție medie de 500 m³/oră

Tencuielile de bună calitate se obțin prin torcretare, mortarul fiind aruncat pe pereți cu ajutorul aerului comprimat.

Pentru consolidarea și etanșarea terenului la baraje și tuneluri, se folosesc injecții cu ciment și alte materiale, în foraje la presiuni din ce în ce mai mari.

Executarea clădirilor prin montarea de piese sau panouri prefabricate se extinde din ce în ce mai mult.

Metode de executare a lucrărilor de construcție în timpul iernii, au fost deasemenea puse la punct de tehnica sovietică.

Această enumerare de metode, mai mult întrebuințate în lucrările hidroelectrice, este foarte sumară și incompletă și are de scop numai a arăta deosebirea metodelor actuale față de metodele de acum 30 ani, când multe din procedeele menționate mai sus nu erau cunoscute sau erau aplicate rareori și numai cu timiditate.

III CONDIȚIILE ECONOMICE

1. GENERALITĂȚI

Condițiile economice foarte variabile dela o țară la alta și dela un moment la altul, sunt determinante în ceeace privește ritmul și amploarea amenajărilor hidroenergetice.

Astfel, înainte de război, puterea instalată în uzinele hidroelectrice din România, reprezenta numai 6% din totalul puterii centralelor electrice. Astăzi, datorită faptului că fondurile de investiție se pun la dispoziție de către Stat, investițiile în hidrocentrale deși de 2—3 ori mai mari decât în centrale termoelectrice de aceeași putere, sunt totuși operații economice avantajoase, prețul de cost al energiei produse, rămânând în cele mai multe cazuri sub prețul de cost al energiei produse în centrale termoelectrice, la o asigurare a puterii hidraulice de cel puțin 90%; iar investiția în puteri hidraulice neasigurate suficient, este și ea justificată dacă energia produsă va fi mai ieftină decât cheltuelile variabile cu producția (combustibil, ulei, etc.) dintr'o centrală termoelectrică.

Ar fi aici totuși de stabilit și situațiile intermediare spre a se găsi prețul echivalent al energiei hidraulice pentru diferite grade de asigurare.

Amenajările hidroelectrice însă mai au și alt aspect. Ele fiind strâns legate de economia apelor, se ajunge la o folosință complexă a apei, iar o parte din uvraje precum barajul, canalele, stăvilarele servesc în acelaș timp pentru navigație, irigație, alimentări cu apă ș. a. Lucrările devin în ansamblul lor, cu mult mai economice și s'a mers până la afirmarea nejustă că în acest caz energia electrică poate fi privită ca un subprodus al amenajărilor complexe. Mai toate marile lucrări hidroenergetice ale comunismului din U.R.S.S., în curs de execuție, sunt de tipul amenajărilor complexe (a se vedea capitolul următor), pe când în țările capitaliste acest tip de amenajări se întâlnește rar și necomplet.

Condițiile naturale în țara noastră sunt deosebit de favorabile amenajărilor complexe și tovarășul Gheorghe Gheroghiu-Dej a arătat limpede aceasta în Raportul său asupra Planului de Electrificare.

2. CRITERII DE APRECIERE A VALORII ECONOMICE A LUCRĂRILOR HIDROENERGETICE

Progresele tehnice arătate mai sus explică numai în parte avântul luat de lucrările hidrotehnice; pentru a avea o explicație completă trebue arătată și valoarea economică a acestor lucrări, nu în sens financiar, ci într'un sens mai larg economico-energetic. In acest scop vom compara energia produsă de 1 kg cărbune (combustibil convențional), ars într'o centrală termoelectrică, cu energia produsă într'o centrală hidroelectrică, datorită unui kg de cărbune folosit la construcția și echiparea uzinei.

După date statistice, rezultă că pentru construirea unui kW hidroelectric (fără rezervor de acumulare) sunt necesare următoarele cantități de materiale: ciment 500 kg; oțel — 90 kg; metale neferoase — 2 kg; benzină — 4 l.

Pe de altă parte la 1 kVA corespund 2 m linii de mare tensiune ($\geqslant$60 kV) iar la 1 kW în centrală corespund 1,3 kVA; prin urmare, la 1 kW în centrală revin 2,6 m linii de M.T. Insă construirea unei linii de M.T. necesită aproximativ pe ml: ciment — 12 kg; oțel — 15 kg; aluminiu — 2 kg; porcelan — 1 kg; benzină — 1 l.

In sfârșit pentru producerea unui kg de material sunt necesare următoarele cantități de cărbune: 1 kg ciment — 0,3 kg cărbune; 1 kg oțel — 4 kg cărbune; 1 kg aluminiu — 5 kg cărbune; 1 kg porcelan — 3 kg cărbune.

Făcând calculele, rezultă că pentru amenajarea și echiparea unui kW hidroelectric (fără rezervor de acumulare) sunt necesare cca 730 kg cărbune. Dacă ținem seama că o parte (cca 1/3) din uzine vor avea baraj-rezervor necesitând cca 1—2 t ciment/kW adică 300—600 kg cărbune/kW, rezultă că, în medie, putem admite — acoperitor — că pentru instalarea unui kW hidroelectric se consumă 1 tonă cărbune (combustibil convențional).

Dacă această tonă de cărbune s'ar arde într'o centrală termoelectrică s'ar produce 2000 kWh; dacă însă cărbunele este consumat pentru echiparea unui kW hidraulic, acesta va produce cel puțin 4000 kWh anual timp de 50 ani, deci 200 000 kWh, adică de 100 ori mai mult decât folosind cărbunele pentru combustiune în centrala termoelectrică. Echiparea unei uzine hidroelectrice este prin urmare o operație energetică foarte avantajoasă.

Aceste considerații dovedesc că din punctul de vedere al economiei naționale nu este suficient a face comparația prețului de cost al energiei produse în centrale termoelectrice și hidraulice, pentru a judeca asupra producției celei mai avantajoase, întrucât folosirea cărbunelui în centrale termoelectrice este o operație energetică mai puțin avantajoasă, chiar dacă prețul de cost al energiei produse ar fi mai mic decât prețul energiei hidroelectrice.

Prin aceasta nu înțelegem însă că, în practică, sunt justificate amenajările de uzine hidroelectrice la un preț de cost de 100 ori mai mare

decât de ex. prețul energiei produse în centrale termoelectrice.

IV. PRINCIPII ȘI REGULI DE AMENAJARE HIDROENERGETICA

La întocmirea planurilor de amenajare hidroenergetică, în cadrul desvoltării industriale a unei țări socialiste, trebue ținut seama de câteva reguli, care se justifică, pe de o parte prin cele arătate mai înainte și pe de altă parte prin constatarea că, aplicându-le, se realizează avantaje economice sigure. Aceste reguli pot fi deci privite ca principii, care nu trebuesc călcate.

1. PRINCIPIUL AMENAJĂRII COMPLEXE

Planurile trebue întocmite pe regiuni întinse, ținându-se seama de folosința complexă a apelor. In zonele muntoase, delimitarea regiunii este, în general, chiar limita bazinului de recepție al unui râu principal; în zonele șese, delimitarea se face în funcție de unitățile geografice naturale. Uneori se pleacă dela o concepție tehnică îndrăzneață și se studiază zonele în care lucrările de bază concepute pot avea repercusiuni. Astfel s'a procedat la cele mai multe din marile proecte din U.R.S.S., după cum se va arăta în paragraful următor.

2. CONCENTRAREA PUTERILOR

A devenit de multă vreme o regulă necontestată că nu mai trebuesc căutate „rapidurile" ori „cascadele" locale pentru amenajări energetice, ci sectoare întregi de râuri, unde puterea pe km de râu este, în medie, mai ridicată. Datorită progreselor tehnice, se caută însă a se concentra căderile în uzine cât mai mari, folosind sectoare de zeci de km lungime și folosind și captări și aducțiuni secundare de afluenți sau chiar de ape din bazine învecinate. Schemele hidraulice devin astfel mai complicate; în schimb se simplifică schemele electrice prin reducerea numărului uzinelor de pe teritoriul electrificat și prin reducerea numărului unităților din uzină. Prin aceasta, sistemul electroeneregetic devine mai stabil, mai rezistent la variațiile mari de sarcină și mai sigur în exploatare datorită micșorării numărului de întrerupătoare și, în general, prin simplificarea aparaturii. Bineînțeles că această tendință de concentrare și comasare a debitelor și căderilor în unități mari este limitată de posibilitățile oferite de teren.

In ceeace privește realizarea supercentralelor hidraulice, numai după ce sistemele energetice s'au constituit și după ce consumul în sistem a crescut îndeajuns, pentruca această creștere a consumului să nu fie disproporționat de mică față de puterea nouei supercentrale, se ivește momentul oportun al realizării ei.

Este dela sine înțeles că această concentrare a puterii în uzine hidroelectrice mari nu trebue realizată prin forțarea proectului împotriva condițiilor naturale, căci s'ar ajunge la condiții economice dezavantajoase.

Vom exemplifica aceste considerații prin schițarea sumară a câtorva proecte:

a) Proectul unei uzine prevede folosirea a două baraje: unul de 140 m și altul de 170 m înălțime, permițând stocarea a 12,5 miliarde m³ de apă. Aducțiunea va avea 60 km lungime și căderea de 1000 m până la râu, lângă care se va construi o uzină cu acumulare prin pompare. Când alte hidrocentrale din sistem au surplus de energie, aceasta se va folosi la pompare din râu în lacul situat cu 1000 m mai sus, acumulând o energie potențială de 7,5 miliarde kWh.

b) Alt proect prevede derivarea apelor printr'o galerie de 17 km, trecerea lor printr'un lac de regularizare și folosind o cădere de 600 m cu o producție anuală de 300 milioane kWh.

c) Un al treilea proect prevede captarea a două râuri și formarea unor lacuri de 235 milioane m³, reprezentând 65% din stocul anual. O galerie subterană, de 17 km lungime, conduce apa spre un al treilea râu, câștingându-se o cădere brută de 823 m. Producția uzinei va fi de 1 miliard kWh/an.

d) Al patrulea proect prevede construirea unui baraj de „greutate" de 278 m înălțime cu o capacitate de 400 milioane m³. Apa, captată, în 42 puncte, din mai multe isvoare și pârae de mare altitudine, trece prin conducte și galerii de aducțiune în lungime totată de 86 km. Puterea, concentrată în 4 centrale — folosind căderea brută de 2360 m — va fi de 612.500 kW, cu o producție anuală de 1,83 miliarde kWh.

e) In sfârșit, un alt proect, în regiunea submuntoasă, prevede patru captări și o galerie subterană de 20 km. La una din captări se va construi un baraj de 87 m iar la alta un baraj în arc de 262,5 m înălțime cu o acumulare utilă de 174 mil. m³.

3. EXEMPLE DE AMENAJĂRI COMPLEXE

In regiuni de șes sau de podișuri, sunt de remarcat marile uzine fluviale, unde intervin utilizările complexe ale apelor. Cele mai interesante din această categorie sunt lucrările în curs de construcție în U.R.S.S., din care vom cita următoarele:

a) Complexul Mingheciaur, în Transcaucazia, cuprinde:

— Un baraj de pământ de 76.5 m înălțime cu un volum de pământ de 23 milioane m³ și o acumulare plurianuală utilă de 16 miliarde m³;

— O uzină hidroelectrică de 300.000 kW cu o producție de 1.380.000.000 kWh;

— Canale pentru irigare a 1.400.000 ha;

— Navigabilizarea fluviului Kura pe 600 km lungime;

— Instalații pentru promovarea pisciculturii.

b) Complexul Volga, prevede:

Construirea hidrocentralei Kuibâșev cu o putere de 2,1 milioane kW și o producție medie anuală de 10 miliarde kWh și a hidrocentralei Stalingrad de 1,7 milioane kW și o producție medie de 10 miliarde kWh. Energia produsă

va fi transportată prin linii de 400 kV, de 2000 km lungime și linii de 220 kV de 2000 km lungime;

— Irigarea a 1 milion ha în regiunea Kuibâșev și 1,5 milioane ha în regiunea Stalingrad;

— Asigurarea alimentării cu apă pe o suprafață de 11,5 milioane ha în regiunea Caspicei, Sarpinsc, Stepa Nogai;

— Construirea de poduri noi peste Volga;

— Imbunătățirea navigației pe Volga.

c) Complexul Nipru, prevede:

— Hidrocentrala Cahovca de 250.000 kW, cu o producție medie anuală de 1,2 miliarde kWh și un lac de 14 miliarde m², cu stație de pompare;

— Canalul sud-ucrainean și canalul Crimeei de Nord, în lungime totală de 550 km;

— Barajul-rezervor pe râul Molocinaia, cu o capacitate de 6 miliarde m³, cu o hidrocentrală de 10.000 kW și alte baraje mai mici cu o capacitate de acumulare de 1 miliard m³, pentru regularizări;

— Canalul Ascania-Nova-Cahovca, de 600 km lungime, va lega rezervorul Cahovca cu canalul sud-ucrainian în scopul irigațiilor;

— Alte canale pentru irigație, de 300 km lungime;

— Irigarea în zona Ucrainei de Sud a 1,2 milioane ha din care 700.000 prin pompare;

— Irigarea în Crimeea de Nord a 300.000 ha, din care 100.000 prin pompare;

— Asigurarea cu apă pe o suprafață de 1,7 milioane ha în Ucraina de Sud și Crimeea de Nord.

d) Complexul Volga-Don cuprinde:

— Canalul Volga-Don de 101 Km lungime, pus în exploatare în 1952, și care realizează legătura navigabilă între Volga și Don.

— Barajul pe Don la Țimleanskaia, de 35 m înălțime maximă, realizând un lac de 23,8 miliarde m³ și 350 km lungime echivalent cu o mare internă. Partea fixă a barajului este de pământ, de 12,75 km și un volum de 25 milioane m³, realizat prin hidromecanizare. Lângă baraj este o uzină hidroelectrică de 160.000 kW cu o producție anuală de 500 milioane kWh. Prin regularizarea plurianuală a Donului, devine posibilă irigarea a 750.000 ha și aprovizionarea cu apă potabilă și industrială a unei suprafețe de 2 milioane ha.

e) Complexul Turkmen, cuprinde:

— Canalul principal turkmen de 1100 km. Amu Daria-Crasnovodsc;

— Un baraj pe Amu Daria și lacuri rezervoare pe canalul principal;

— Trei centrale hidroelectrice de putere totală de 100.000 kW;

— Canale de derivație de 1200 km lungime totală, pentru irigarea solului în regiunea sudică a șesului Caspicei din Turkmenia și depresiunea râului Amu-Daria;

— Conducte mari de 1000 km lungime, pentru alimentări cu apă;

— Irigarea a 1,3 milioane ha terenuri pentru bumbac;

— Alimentarea cu apă a 700.000 ha pășuni în pustiul Caracum;

— Alimentarea cu apă a localităților și industriilor în Turkmenia;

— Plantații de protecție și de fixare a nisipurilor pe 500.000 ha.

Aceste complexe nu sunt separate, ci sunt legate între ele prin căi navigabile, permițând comunicația prin intermediul căilor existente, între mările Albă, Baltică, Azov, Neagră, Caspică și Aral.

In Republica Populară Română, Planul de Electrificare prevede deasemenea o serie de amenajări complexe, de mare importanță economică și tehnică.

Astfel, din complexul Siret-Bărăgan fac parte lucrările de regularizare a Siretului în legătură cu lucrările de pe Bistrița.

Aceste lucrări se leagă de multe altele în vederea navigației pe Siret, a creării de lacuri de regularizare și tampon și a înființării de amenajări piscicole, silvice (liniștirea torenților), agrosilvice (păduri de protecție), ameliorație (a solurilor sărăturoase) ș.a., irigarea unor vaste terenuri din nordul Bărăganului și Sudul Moldovei.

4. PRINCIPIUL FOLOSIRII INTEGRALE A CĂDERILOR DIN SECTOARELE ENERGETICE

In cazul când un sector energetic — adică favorabil pentru amenajări energetice — nu poate fi proectat a se amenaja într'o singură centrală, se va proecta utilizarea sa într'un grup de uzine interdependente, pe cât posibil fără lacune — adică fără eliminarea unor porțiuni din profilul în lung al râului.

Lacunele în profilul în lung devin inevitabile în cazurile când:

a) Panta longitudinală este prea mică și terenul nu este propriu pentru construcția unui baraj;

b) Apa râului trebue adusă în albie la trecerea pe lângă un oraș;

c) Utilizările existente ale râului — deși neîncadrabile în planul general — sunt totuși importante, iar desființarea lor nu ar fi justificată.

Este de remarcat că utilizarea energiei micilor afluenți nu este lipsită de rentabilitate în cazurile când:

— Uzinele hidrolectrice sunt în apropierea centrelor locale de consum: comune, gospodării agricole colective sau de Stat, industrii locale;

— Legătura centrelor de consum cu rețeaua regională de distribuție de energie este costisitoare din cauza distanțelor mari și a puterilor mici ce trebuesc distribuite;

— Micile uzine hidroelectrice se construesc mai mult cu materiale locale, după scheme foarte simplificate și fără pretenție de asigurare prea mare a puterilor.

Aceste mici uzine (microcentrale) având puteri dela câteva zeci de kilowați la 1000—2000 kW permit introducerea electricității în comunele rurale și micile orașe izolate.

5. PRINCIPIUL INTERDEPENDENȚEI

Interdependența se înțelege în sensul că exploatarea uzinelor făcându-se pe baza unui plan de exploatare de ansamblu al grupului de uzine, trebue ca și proectarea să țină seama de influența reciprocă a acumulărilor din bazin, de timpul de scurgere al apei dela o uzină la alta, de completarea reciprocă a puterilor. Funcționarea conjugată a uzinelor determină în cele din urmă și puterile lor.

6. REGULARIZAREA DEBITELOR, PROBLEMA DE BAZĂ A GOSPODĂRIREI APELOR DAR ȘI A FOLOSIRII OPTIME A ENERGIEI ELECTRICE

Nu există ape curgătoare, chiar acele din zonele alpine, care să nu aibă nevoie de regularizare. Nici împădurirea totală a basinelor, nici perdelele de protecție nu ne permit să modificăm după voință, în orice moment și în orice anotimp, debitul natural al râului pentru a-l adapta la necesitățile consumului, aceasta permițând-o numai barajul-rezervor.

Din punct de vedere energetic, barajele-rezervoare cele mai prețioase sunt acele situate la altitudini mari, deoarece se admite că apa ce iese din rezervorul de acumulare va fi folosită succesiv în toate căderile din aval, însumate. Astfel, 1 m³ apă căzând 100 m produce 0,2 kWh, pe când căzând 2000 m va produce 4 kWh; valoarea energetică a unui m³ apă acumulat la cota 2000 va fi deci teoretic de 20 ori mai mare decât valoarea energetică a unui m³ acumulat la cota 100. Din aceste motive se va da preferință barajelor situate la altitudini cât mai mari.

Dacă un baraj-rezervor alimentând o uzină este supus unei servituți agricole din aval, valoarea sa energetică scade considerabil. Există totuși posibilitatea unei funcționări mixte, asigurând în timpul iernii numai vârfurile de consum, un număr redus de ore, cu o cheltuială redusă de apă, iar principalul consum de apă să aibă loc în timpul perioadei de vegetație, pentru irigații.

Și în ceeace privește barajele de acumulare, se poate afirma — ca și pentru uzine — că trebue preferate baraje mai puține, însă cu volume mari de acumulare, întrucât acestea ocupă teren mai puțin, deci cer mutări de sate mai puține, prezintă suprafețe mai mici de evaporație și permit reducerea numărului de uzine, cu concentrarea puterilor.

Această necesitate de a construi baraje mari de acumulare, este însă limitată nu numai de condițiile geologice — dar și de dificultățile datorite terenurilor ocupate în văile râurilor și pe terasele învecinate.

In afară de baraje de regularizare anuală sau sezonieră, se vor prevedea, ori unde va fi nevoie, baraje mici pentru compensarea orară sau diurnă a debitelor atât între treptele folosite, cât și imediat în aval de sectorul energetic. Chiar uzinele construite pe firul apei trebue prevăzute cu bazine de compensare diurnă, fapt care permite acestor uzine să se încarce, în caz de nevoe — la orele de vârf — sau să preia temporar sarcina altor uzine.

Mutarea unor șosele și căi ferate din zona teraselor, pe coastele versanților, mutarea satelor așezate pe terase în văile largi ale râurilor, mutarea unor porturi supuse inundațiilor etc., necesită cheltueli atât de mari, încât ele se justifică numai în cazul barajelor și uzinelor cu totul importante. Studiile tehnico-economice arată de multe ori că amenajarea uzinelor cu căderi mai modeste „pe firul apei" sau cu lacuri mici, conduce la o producție de energie aproape tot atât de mare, însă mult mai ieftină decât în cazul creării unor baraje-rezervoare spectaculoase.

7. DETERMINAREA DEBITULUI ȘI A PUTERII INSTALATE IN UZINĂ

Pentru completarea cadrului problemei, se reamintesc aci o serie de reguli practice, privind determinarea debitului și puterii instalate.

Calculele economice arată că, în uzinele pe firul apei, care alimentează cu energie rețele cu consum mult mai mare decât puterea acelor uzine, debitul optim instalat este cel asigurat 60—75 zile pe an și care variază în jurul modulului. Dacă uzina posedă un bazin de compensație diurnă, debitul instalat poate fi ușor sporit pentru a lua și eventuale vârfuri câteva ore pe zi, fără a depăși în general 1,5 Qmodul. In cazul existenței unui lac de regularizare anuală a debitelor, debitul și puterea instalată depind de diagramele de consum ale sistemelor și variază dela Qinst=1.5 Qmodul (pentru alimentarea fabricelor și exploatărilor miniere cu lucrul în 3 schimburi pe zi), până la Qinst=3—4 Qmodul când uzina va lua numai vârfurile. In cazuri speciale se admit debite instalate și mai mari. Când la rețea sunt legate uzine importante pe firul apei, cu debitul neregularizat, care dau energie multă în timpul verii, se impune crearea unor „uzine de iarnă" care să completeze lipsa de putere a rețelei în timpul iernii, uzine supraechipate pentru iarnă și oprite în timpul verii. Uzine hidroelectrice, al căror debit de apă este folosit în aval pentru irigații, vor debita energie mai multă în timpul verii și vor funcționa iarna redus, de unde rezultă necesitatea altor uzine hidroelectrice „de iarnă" care să dea energia ce lipsește.

In economia socialistă, măsurile de aplatizare a curbelor de consum, printr'o planificare corespunzătoare, au avut ca efect reducerea substanțială a vârfurilor de consum, astfel că, în viitor, nu orice uzină prevăzută cu lacuri mari de acumulare va fi supraechipată pentru vârfuri, ci numai o serie de uzine ce vor fi specializate în sensul arătat mai sus.

In ceeace privește efectul energetic al regularizării debitelor, tehnica sovietică consideră că „puterea asigurată" a uzinei este aceea care, socotind funcționarea ei într'un număr mare de ani (de ex. 25—35 ani), este asigurată 95% din timp sau în cel mai rău caz 90%. Numai această putere asigurată poate substitui o pu-

tere corespunzătoare în centrale termoelectrice, iar partea din puterea instalată care depăşeşte puterea asigurată, produce o energie de deşeu.

In uzinele hidroelectrice, nu se montează în general grupuri de rezervă, însă în anumite uzine mari se pot prevedea grupuri care vor constitui rezerva sistemului.

8. REDUCEREA NUMĂRULUI UNITĂŢILOR GENERATOARE IN UZINĂ

Plecând dela ideea simplificării schemelor şi având în vedere că turbinele Pelton şi Kaplan au curbe de randament foarte favorabile, chiar la debite mici de apă, se urmăreşte a se instala pe râurile mici uzine simplificate la extrem, cu o singură unitate sau cel mult două. Chiar uzinele cu turbine Francis pot fi reduse la două unităţi generatoare, în mod excepţional de puteri neegale, pentru a face faţă şi la sarcinile reduse, cu randament bun. Nu se prevăd agregate de rezervă.

La uzinele fluviale se vor alege agregatele cele mai mari posibile, de obicei turbine Kaplan sau Francis rapide.

Reducerea numărului unităţilor este utilă şi pentru simplificarea fabricaţiei. S'a constatat că una din greutăţile mari întâmpinate în electrificare este nevoia de un mare număr de ingineri şi maiştri specialişti în proiectarea şi fabricarea echipamentului electromecanic. Pentru a micşora deci sarcinile acestor specialişti, este util nu numai a reduce numărul unităţilor de fabricat dar şi numărul tipurilor de turbine, ceeace este posibil în oarecare măsură, dacă se întocmeşte din vreme un plan de amenajare hidroenergetică a ţării, care este realizat în mod consecvent.

9. GENERALIZAREA AUTOMATIZĂRII ŞI TELECOMENZILOR

Paralel cu tendinţa de simplificare a schemei circuitelor principale (agregate, linii, transformatori) s'a desvoltat şi o tendinţă de amplificare a instalaţiilor de supraveghere, control, comandă precum şi automatizare aproape a tuturor operaţiilor de exploatare, dat fiind că prin aceasta se realizează o mai mare siguranţă şi economie în exploatare.

Deaceea, în planurile energetice, este indicat a se prevedea uzine comandate dela distanţă, din noduri energetice şi extinderea automaticei în interiorul uzinelor pentru toate procesele susmenţionate.

10. ARHITECTURA CLĂDIRILOR CENTRALELOR HIDROELECTRICE

Ea trebue să fie demnă de epoca în care trăim. Astăzi există tendinţe variate. In ţările capitaliste clădirile sunt simplificate la extrem; centralele rurale au de multe ori deadreptul aspectul unor magazii. In U.R.S.S., clădirile uzinelor ca şi celelalte lucrări hidrotehnice (ecluze, baraje) au o arhitectură îngrijită, monumentală, exprimând plastic fondul de idei şi importanţa acestor lucrări pentru cultura şi economia naţională (de exemplu Canalul Volga-Don „V. I. Lenin").

Aceasta este tendinţa justă şi aceasta trebue aplicată la proectarea hidrocentralelor; se vor păstra juste proporţii, echilibrarea maselor şi folosirea judicioasă a materialelor fiind regulele de bază ale arhitecturii uzinelor.

O altă tendinţă modernă este construirea uzinelor subterane. Acest tip de centrală, desvoltat la început numai din motive pur tehnice, a căpătat o mare răspândire în timpul celui de al doilea război mondial, pentru motive de apărare anti-aeriană. Perfecţionându-se acest gen de construcţii, s'a constatat că, adoptându-se trasee de aducţiune mai scurte — mai eftine — s'au realizat lucrări mai avantajoase, sub pământ, decât dacă s'ar fi construit deasupra pământului. Pentru aceste motive se construesc astăzi numeroase uzine subterane. Asemenea soluţiuni nu sunt însă posibile la uzinele fluviale, la uzinele în terenuri slabe şi la uzinele de debit mare necesitând excavaţii importante.

In toate celelalte cazuri indicate este bine să se proiecteze uzini subterane pentru avantajele pe care ele le prezintă.

In sfârşit, la uzinele fluviale, se desvoltă tendinţa nouă de suprimare a sălii maşinilor, fiecare agregat fiind protejat cu o carapace metalică, iar pentru montaj se instalează un portal rulant.

11. FOLOSIREA MATERIALELOR LOCALE ŞI A UNUI UTILAJ MECANIZAT

Cimentul oţelul şi lemnul sunt principalele materiale aduse dela distanţă şi de cele mai multe ori indispensabile. Totuşi, perfecţionându-se tehnica folosirii pământului, pietrei brute şi balastului ca materiale de construcţie — în spcial la baraje şi canale — trebue să se caute întotdeauna folosirea în primul rând a acestor materiale care sunt şi mult mai durabile decât lemnul, oţelul şi cimentul.

Obţinerea, transportul şi punerea în operă a unor mase mari de material cere întrebuinţarea de utilaj mecanic modern, de mare randament, căci fără un astfel de utilaj lucrările s'ar prelungi în mod inadmisibil.

Realizarea lucrărilor hidroenergetice, este legată de desvoltarea industriilor capabile a furniza echipamentul electromecanic, utilajul şi materialele de construcţie.

Crearea uzinelor hidroelectrice în cadrul planului de electrificare a ţării este legată de desvoltarea industriilor mecano-metalurgice, ceramice, de izolanţi ş.a. Cel puţin o treime din costul de instalare al uzinelor hidroelectrice se cheltueşte pe instalaţii electromecanice, instalaţiuni care trebuesc fabricate în cea mai mare parte în ţară.

12. ASPECTE TEHNICO-ORGANIZATORICE

Desigur că se poate face o clasificare a uzinelor după gradul lor de rentabilitate, după condiţii geologice favorabile, după condiţiile de executare avantajoase, după timpul redus de execuţie, etc. Se pun aci unele întrebări: In

ce mod poate fi folosită această clasificare? Trebue preferată executarea, la început, a uzinelor celor mai avantajoase, lăsând pe celelalte pentru mai târziu? Sau trebue repartizate pe o durată mai lungă și lăsate în sarcina generației următoare, în mod egal, atât lucrările avantajoase cât și cele mai puțin avantajoase?

Este desigur de preferat a se amenaja chiar dela început, uzinele de puteri mai mari — care însă nu prezintă dificultăți de ordin geologic.

Examinând harta geologică și harta hidroenergetică a țării noastre, putem delimita o regiune în care condițiile geologice sunt hotărît mai sigure. Este regiunea unde domină cristalinul, situată la Vest de Ialomița până în Banat și cuprinzând zona muntoasă și submuntoasă a Carpaților Sudici. inclusiv Masivul Retezat pe ambii versanți.

Alte zone mult mai puțin întinse, prezentând condiții favorabile, sunt și în Carpații Orientali și în Munții Apuseni.

Energia hidroelectrică trebue să coste cât mai puțin, deaceea și cheltuelile investite în uzine trebue să fie cât mai reduse. In acest scop, s'a purtat în anii precedenți o discuție interesantă în revista sovietică „Ghidrotehnicescoe Stroitelstvo", având ca subiect ieftenirea lucrărilor hidroelectrice prin măsuri tehnice constructive. Problema ieftenirii trebue să preocupe pe toți, dela anteproiect și până la punerea în funcțiune. La ieftenire, va contribui proiectantul, constructorul, planificatorul, organele de finanțare. De multe ori, prețul construcției este ridicat artificial din cauza unor măsuri administrative și financiare care nu corespund unei realități: chirii prea mari pe utilaje, energie electrică prea scumpă vândută la șantier, etc. Uneori, scumpirea se produce din cauza neutilizării bune a muncii, a utilajului, din cauza risipei materialului, a folosirii unor materiale scumpe ce pot fi înlocuite, din cauza mijloacelor de transport necorespunzătoare; alteori, din cauza tărăgănirii lucrărilor. birocratismului, neaprovizionării la timp cu anumite materiale sau scule, care au ca urmare o creștere a cheltuelilor generale de regie.

In sfârșit, proiectul poate conduce la lucrări scumpe, și din lipsa de timp pentru studiu. Ieftenirea se produce automat, prin adoptarea unei scheme simple și a unor date de bază just alese, în vederea optimului economic — fără exagerări, dar și fără sgârcenie, prin studierea traseelor, formelor și materialelor celor mai potrivite, a metodelor de execuție celor mai avantajoase. La fiecare uvraj (priză canal, ziduri de sprijin, drumuri de acces, baracamente, scheme electrice și aparataj electric etc.), dacă se face un studiu economic amănunțit, se ajunge la o sumedenie de mici economii, însumând o reducere simțitoare a investițiilor. Această tendință de ieftenire a lucrărilor trebue însă limitată de necesitatea de a nu se atinge siguranța, stabilitatea și durabilitatea lucrărilor.

Lucrările hidrotehnice se realizează prin modificări importante aduse naturii; deaceea trebue luate suficiente măsuri de siguranță. Pe de altă parte, durata acestor construcții trebue să fie mare: 50—100 ani și chiar mai mult decât atât, deci trebue folosite materiale și metode de execuție, care să conducă la lucrări foarte durabile. Sporirea cheltuelilor de investiție în vederea sporirii durabilității, trebue privită ca o măsură de ieftinire a producției precum și asigurarea unui suficient coeficient de siguranță.

Bibliografie

Barcan D. D.: Metoda vibrării pentru înfigerea în teren a palplanșelor, piloților, tuburilor și săparea puțurilor geologice de explorare, Ghidrot. Stroitelstvo, 1951 Nr. 5.

Borovoi A. A.: Reducerea costului construcțiilor hidrotehnice, Ghidrotehnica Stroitelstvo, 1950, Nr. 7.

Ciupracov: Automatizarea și telemecanizarea centralelor hidraulice, Ghidrotehnica Stroitelstvo, 1951, Nr. 1.

Domanskii V. E.: „Călirea" suprafeței construcțiilor de beton și adâncimea ei, Ibid. 1951/Nr. 3.

Editorial: Despre construcția canalului principal din Turcmenia, Ibid, 1950, Nr. 10.

Editorial: Despre construcția Centralei hidrotehnice dela Cahovca pe Nipru, a Canalului Sud-Ucrainian, a Canalului din Nordul Crimeii, Ibid. 1950, Nr. 10.

Editorial: Despre construcția Canalului navigabil Volga-Don și irigarea terenurilor din regiunea Rostov și Stalingrad, Ibid. 1951, Nr. 1.

Erislov V. S.: Reducerea costului lucrărilor Centralelor hidrotehnice, Ibid. 1950, Nr. 9.

Gheorghiu-Dej Gh.: Raportul asupra planului de electrificare a țării și de folosirea apelor, 1950.

Gorin M. A.: Hidromecanizarea, Ghidrotehnica Stroitelstvo, 1951, Nr. 3.

Ink S. I.: Intocmirea proiectului de ansamblu al Centralei Hidroelectrice din Kuibâșev pe Volga, Ibid. 1951, Nr. 5.

Laupmann P. P.: Direcțiile principale de activitate în vederea ieftenirii instalațiilor hidroenergetice, Ibid. 1950, Nr. 7.

Nosov R. P.: Hidroenergetica într'o etapă nouă, Ibid. 1950, Nr. 11.

Neporojnii: Betonarea cu ajutorul transportoarelor cu bandă la construcția unei ecluze. Ibid. 1950, Nr. 9.

Zubovici S. I.: Vacuumizarea betonului la lucrările de construcții hidrotehnice, Ibid. 1951, Nr. 2.

★

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ

Резюме

Автор излагает современные направления развития гидроэнергетики. Рассматриваются натуральные условия развития гидроэнергетики и тщательно анализируются технические условия и в особенности направления в механизации работ.

Пот м рассматриваются экон мические условия гидроэнергетических сооружений, с конкретными примерами из СССР и РНР.

TENDINȚE ȘI REALIZĂRI IN CONSTRUCȚIA TURBINELOR MODERNE CU ABUR

Ing. IOAN NERESCU

Se analizează factorii determinanți și tendințele care predomină în construcția turbinelor moderne cu abur: ameliorarea randamentului prin mărirea presiunii și temperaturii aburului, accentuarea vidului și măsuri de ordin constructiv: mărirea puterii agregatelor, utilizarea supraîncălzirii intermediare, a preîncălzirii regenerative a apei de alimentare, folosirea termoficării; mărirea durabilității, a gradului de automatizare și perfecționarea dispozitivelor de siguranță; standardizarea turbinelor și a elementelor componente. Se trec în revistă unele probleme ridicate de aceste tendințe și soluționarea lor. Se face o scurtă privire asupra realizărilor mai importante, insistând asupra turbinelor sovietice. In încheere, se fac unele considerații de perspectivă asupra construcției turbinelor cu abur în viitor.

Ritmul din ce în ce mai rapid al desvoltării industriale impune desvoltarea sectorului energetic în așa măsură, încât cererile de energie să fie nu numai satisfăcute, ci și prevenite.

Pe de altă parte, creșterea potențialului energetic a creat posibilități noi industriei, accelerând ritmul de desvoltare a acesteia.

Deoarece energia produsă în centralele hidroelectrice reprezintă numai o mică parte din producția totală de energie și cum cu toată creșterea progresivă a greutății specifice, această situație se va menține încă o bună perioadă de timp, soluția a fost căutată în construirea marilor centrale termoelectrice cu abur.

Elementele caracteristice ale termocentralelor construite până acum vreo 20 de ani, erau următoarele: abur cu presiuni reduse — în general sub 50 ata — și temperaturi care depășeau numai rareori 450°C; unități a căror putere nu trecea decât în mod excepțional de 30—40 MW, domeniul puterilor apropiate de acest plafon fiind rezervat aproape în exclusivitate turbinelor cu turație redusă; utilizarea numai în mică măsură a preîncălzirii regenerative și a termoficării; neutilizarea supraîncălzirii intermediare.

In aceste condiții, investițiile specifice se ridicau la sume importante iar randamentul se limita, în general, la valori cuprinse între 20% și 25%, ceeace făcea ca prețul energiei produse să se mențină la un nivel destul de ridicat. Premize cu caracter tehnico-economic ca: reducerea prețului de cost al energiei, micșorarea investițiilor specifice, necesitatea de a construi centrale cu puteri din ce în ce mai mari, necesitatea de a simplifica problemele alimentării cu combustibil, a evacuării cenușii ș.a. au impus revizuirea concepției ce sta la baza construirii centralelor termoelectrice cu abur.

Schimbările care s'au arătat ca necesare au determinat — între altele — și evoluția unuia dintre elementele cele mai importante ale centralei: turbina cu abur. La rândul său, stadiul de evoluție al acesteia a condiționat și condiționează, în mare măsură, evoluția centralelor termoelectrice.

FACTORII DETERMINANȚI AI DESVOLTĂRII ACTUALE A TURBINELOR CU ABUR

Concepția care domină construcția noilor centrale termoelectrice impune anumite condiții, care trebue neapărat satisfăcute de turbinele destinate a echipa centralele termoelectrice moderne.

Aceste condiții, care constitue principalii factori determinați ai desvoltării actuale a turbinelor cu abur, sunt următoarele: producerea energiei cu un randament cât mai bun; reducerea prețului specific al instalației; reducerea greutății specifice a turbinei; reducerea gabaritelor, respectiv reducerea spațiului ocupat de instalație; simplitatea în exploatare; durabilitatea instalației; siguranța în funcționare; standardizarea tipurilor curent folosite.

Mijloacele prin care se pot realiza turbine care să satisfacă condițiile de mai sus s'au cristalizat în tendințe caracteristice stadiului actual al fabricației turbinelor cu abur.

TENDINȚE CARACTERISTICE IN CONSTRUCȚIA TURBINELOR CU ABUR MODERNE

Imbunătățirea randamentului — respectiv reducerea consumului specific de căldură — a influențat în ultimul timp în mod hotărîtor desvoltarea centralelor termoelectrice cu abur și a elementelor componente ale acestora.

Eforturile depuse în scopul îmbunătățirii randamentului sunt pe deplin justificate, având în vedere rezultatele ce se pot obține. Spre exemplu, prin mărirea randamentului efectiv al centralei dela 25% la 30%, se reduce consumul de combustibil cu aproximativ 17% (vezi fig. 1, în care se consideră ca unitar consumul de combustibil al centralei cu randament 25%).

Randamentul efectiv al turboagregatelor din centralele termoelectrice cu abur este dat de relația:

$$\eta_e = \eta_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g$$

în care :

η_t este randamentul termic al procesului de transformare al căldurii în energie mecanică ;
η_i este randamentul intern al turbinei ;
η_m este randamentul mecanic al turbinei, iar
η_g este randamentul generatorului.

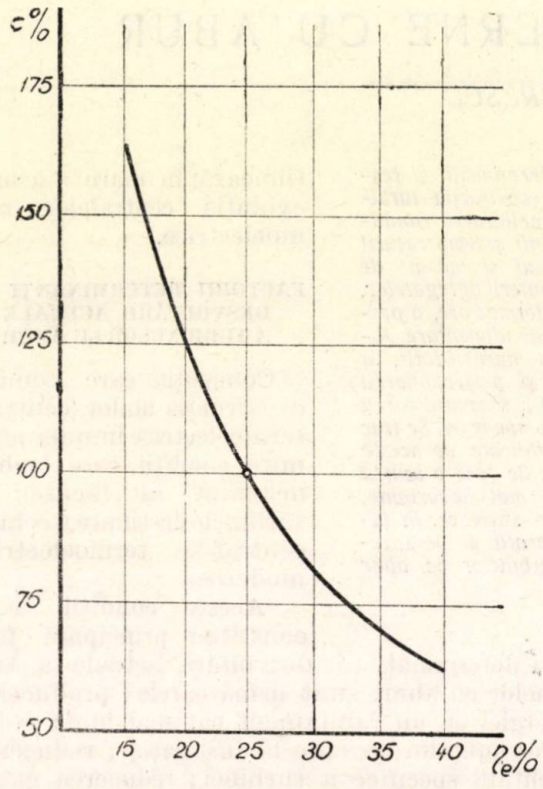


Fig. 1. — Variația consumului de combustibil în funcție de randamentul efectiv.

Se știe că randamentul termic crește cu parametrii inițiali ai aburului, adică odată cu mărirea presiunii și temperaturii aburului introdus în turbină.

Pe de altă parte însă, la putere constantă, creșterea presiunii inițiale a aburului provoacă micșorarea randamentului intern al turbinei, ca urmare a măririi pierderilor prin neetanșeități, prin frecări și prin ventilație. Din aceste motive, valoarea produsului $\eta_t \cdot \eta_i$ este determinantă pentru randamentul efectiv al centralei.

Micșorarea randamentului intern odată cu creșterea presiunii este provocată de reducerea volumului specific al aburului, respectiv de reducerea debitului volumetric al turbinei, cel puțin în partea de înaltă presiune al acesteia.

Această reducere a volumului specific conduce la ajutaje și palete de înălțime mică, la care pierderile prin frecări sunt importante. Același volum specific mic face să crească procentual pierderile prin neetanșeități, respectiv greutatea specifică mare a aburului provoacă pierderi importante prin ventilație.

Mărirea puterii turbinei reduce pierderile prin frecări, datorită faptului că pentru a permite trecerea debitului corespunzător de abur, ajutajele și paletele au dimensiuni mai mari, caracterizate de pierderi mai mici. Totodată, în urma creșterii debitului se reduce cota parte a pierderilor prin neetanșeități și ventilație, a căror valoare — ca mărime absolută — nu depinde prea mult de puterea turbinei.

Menținerea randamentului intern în limite acceptabile — și chiar mărirea lui — poate fi deci obținută prin mărirea puterii turbinei odată cu ridicarea presiunii inițiale a aburului (vezi fig. 2).

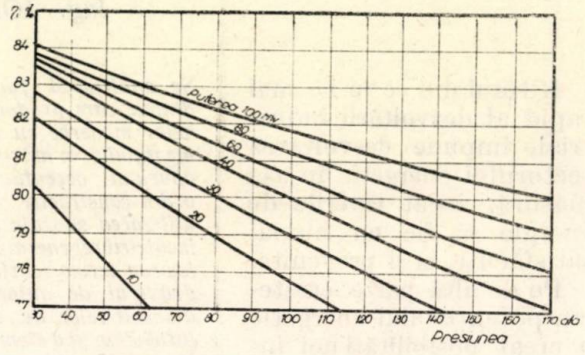


Fig. 2. — Variația randamentului intern în funcție de presiunea aburului și puterea agregatului

Rezultatele obținute în urma alegerii judicioase a presiunii aburului și puterii mașinii (vezi fig. 3), justifică întru totul tendința actuală de utilizare a presiunilor înalte în centralele termoelectrice.

Intrebuințarea aburului cu temperatură ridicată este dictată nu numai de cerințele de mărire a randamentului termic, ci și de necesitățile de a îmbunătăți randamentul intern și de a reduce umiditatea aburului în ultimele trepte ale turbinei.

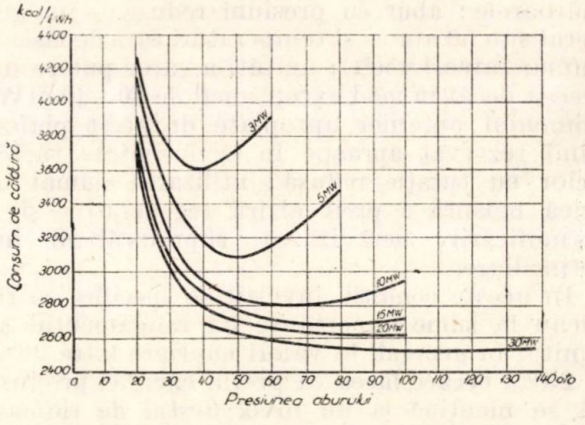


Fig. 3. — Variația consumului specific de căldură, în funcție de presiunea aburului și puterea agregatului

La aceeași putere și presiune inițială, creșterea temperaturii aburului duce la mărirea randamentului intern datorită creșterii volumului specific al aburului, cu toate avantagiile ce survin din aceasta : reducerea pierderilor prin frecări, neetanșeități și ventilație.

Totodată, creșterea temperaturii aburului la admisie micșorează umiditatea aburului în ultimele trepte, ceeace de asemenea contribue la mărirea randamentului intern, deoarece pe de

o parte picăturile de apă existente în aburul ce trece prin partea de joasă presiune a turbinelor cu condensație exercită o acțiune de frânare asupra rotorului iar pe de altă parte, aceleași picături, datorită efectului de eroziune pe care îl exercită asupra paletelor, măresc cu timpul pierderile prin frecare. In general, creșterea umidități i cu 1%, reduce randamentul intern cu 1%

In fig. 4 este reprezentată variația randamentului termic și a produsului dintre randamentul termic și randamentul intern, în funcție de creșterea temperaturii aburului, la o turbină cu condensație de 40 MW.

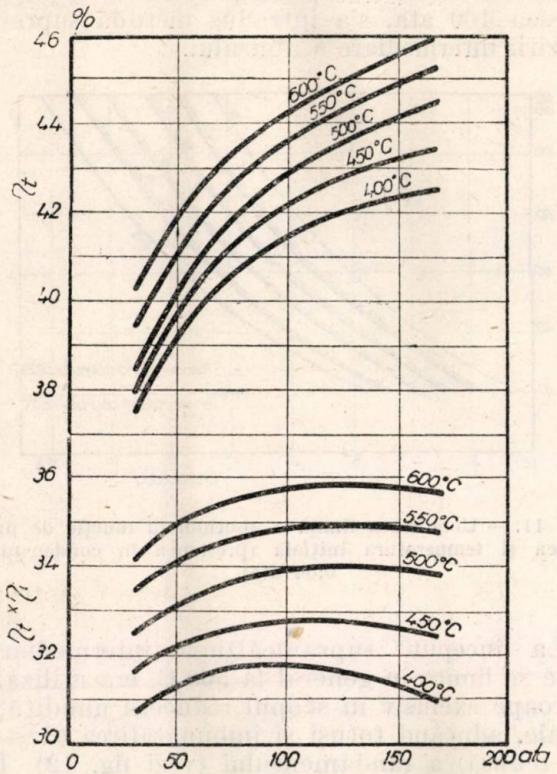


Fig. 4. — Variația randamentului termic și a produsului dintre randamentul termic și randamentul intern, în funcție de presiunea și temperatura aburului.

Rezultă clar din această diagramă că pentru o anumită putere, presiunea optimă se stabilește la valori din ce în ce mai ridicate, odată cu creșterea temperaturii.

Mărimea vidului la eșirea din turbină influențează în mare măsură randamentul instalațiilor cu condensație. Figura 5 reprezintă variația randamentului termic al unei turbine cu condensație, în funcție de temperatura — respectiv presiunea aburului, la eșirea din turbină.

Totuși, mărirea vidului — cerută de necesitatea de creștere a randamentului termic — duce la anumite inconveniente ca: mărirea dimensiunilor, respectiv scumpirea turbinei, creșterea puterii consumată de pompele de circulație, creșterea umidității aburului la eșirea din turbină, etc.

Prin urmare, tendința de îmbunătățire a randamentului termic prin mărirea presiunii și temperaturii aburului la admisie și a vidului în condensator, este dublată de tendința de mărire a puterii unităților, în scopul îmbunătățirii randamentului intern.

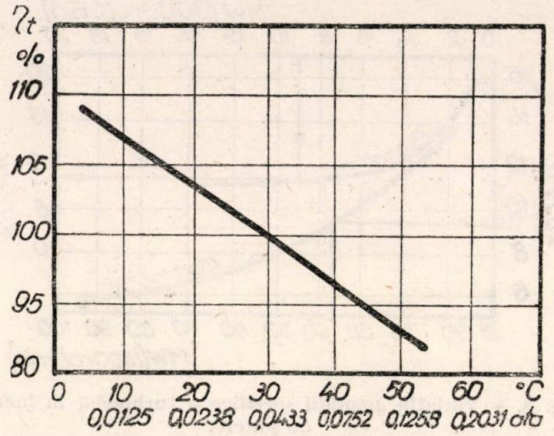


Fig. 5. — Variația randamentului termic în funcție de temperatura, respectiv presiunea finală a aburului.

Mărirea puterii agregatelor este impusă însă și de alți factori.

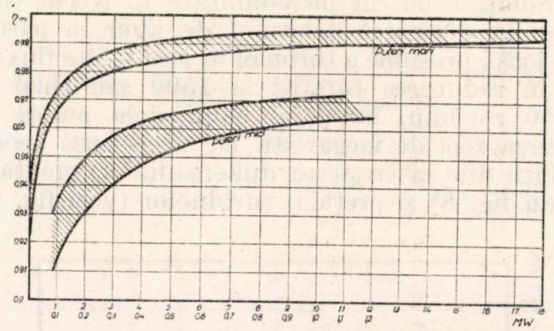


Fig. 6. — Variația randamentului mecanic în funcție de putere.

Randamentul mecanic și randamentul generatorului cresc odată cu puterea unității (vezi fig. 6 și 7), ceeace contribue la îmbunătățirea randamentului efectiv.

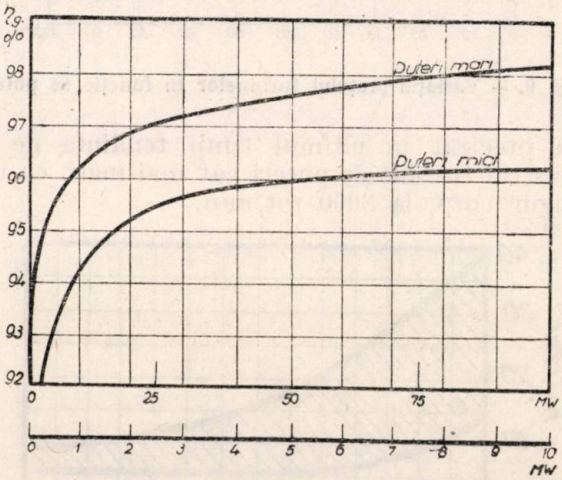


Fig. 7. — Variația randamentului generatorului în funcție de putere.

Creșterea puterii reduce greutatea specifică a mașinii (vezi fig. 8), prețul specific (vezi fig. 9)

și suprafața specifică a sălii mașinilor (vezi fig. 10), ceeace contribue la reducerea investițiilor, respectiv la eftinirea energiei produse.

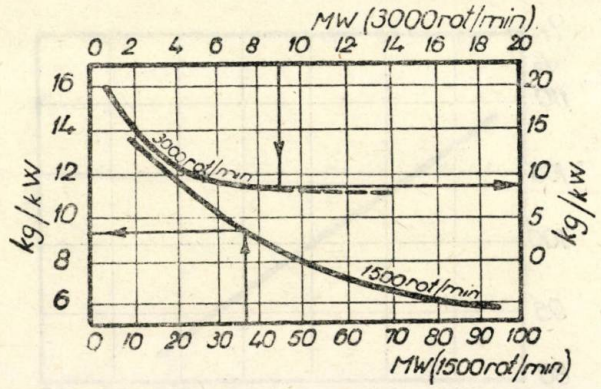


Fig. 8. — Variația greutății specifice a turbinelor în funcție de putere.

Mărirea puterii unităților pune însă o serie de probleme de ordin constructiv, a căror rezolvare — destul de dificilă — va fi analizată în capitolul următor.

Soluțiile curent întrebuințate în trecut constau în divizarea debitului de abur în partea de joasă presiune a turbinei în mai multe fluxuri și în reducerea turației la 1500 sau chiar la 1000 rot/min, începând chiar dela puteri de câteva zeci de megawați. Deoarece însă aceste soluții duc la creșterea dimensiunilor, greutății (vezi fig. 8) și prețului turbinelor (vezi fig. 9),

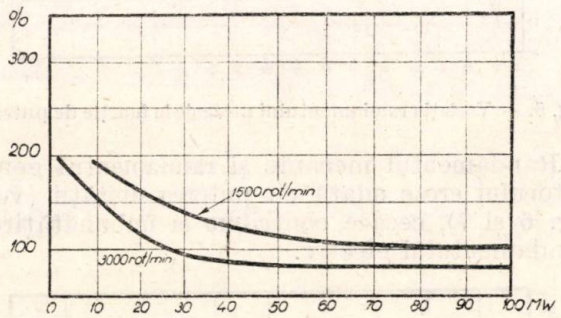


Fig. 9. — Variația prețului turbinelor în funcție de putere

s'a precizat în ultimul timp tendința de a construi turbine de puteri cât mai mari, cu un singur corp, la 3000 rot/min.

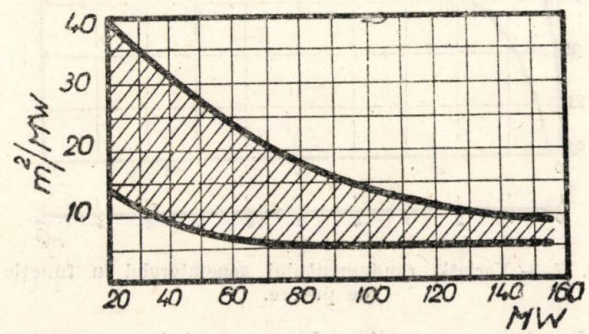


Fig. 10. — Variația suprafeței specifice a sălii mașinilor în funcție de puterea agregatelor.

Gradul de umiditate al aburului în ultimele trepte ale turbinei crește odată cu mărirea presiunii inițiale, cu îmbunătățirea vidului și a randamentului intern.

Menținerea umidității în limite acceptabile poate fi obținută — până la anumite presiuni — prin ridicarea corespunzătoare a temperaturii aburului la admisie, așa cum s'a arătat mai sus (vezi fig. 11). Deoarece însă materialele de care dispune în prezent industria constructoare de mașini nu suportă temperaturile foarte ridicate ce ar fi necesare pentru menținerea umidității în limite permise la turbinele de mare putere ce funcționează cu presiuni ce depășesc adesea 100 ata, s'a introdus metoda supraîncălzirii intermediare a aburului.

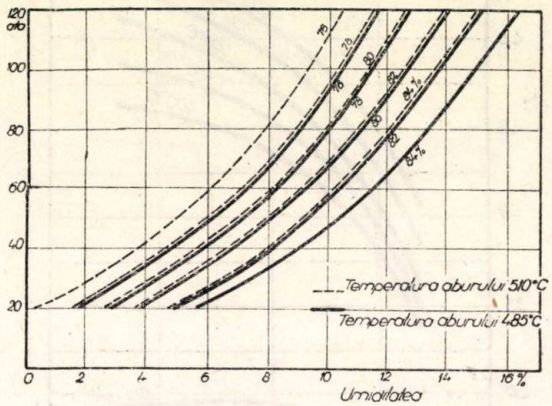


Fig. 11. — Umiditatea finală a aburului în funcție de presiunea și temperatura inițială (presiunea în condenstaor 0,04 ata).

La început, supraîncălzirea intermediară, care se limita în general la 500°C, era utilizată aproape exclusiv în scopul reducerii umidității finale, aducând totuși și îmbunătățirea (destul de redusă) a randamentului (vezi fig. 12). In ultimul timp însă, se pune din ce în ce mai mult accentul pe posibilitatea de mărire a randamentului, pe care o oferă supraîncălzirea intermediară.

In instalații executate recent, temperatura de supraîncălzire intermediară atinge valori ce se apropie de temperatura inițială a aburului la intrarea în turbină, ceeace permite reducerea consumului specific de căldură cu peste 6%.

Posibilitățile de ameliorare a randamentului intern prin măsuri de ordin constructiv ca: îmbunătățirea condițiilor de scurgere prin ajutaje și palete, reducerea pierderilor datorite neetanșeităților prin micșorarea jocurilor între piesele fixe și piesele mobile, îmbunătățirea drenării părții de joasă presiune etc., deși scumpesc turbinele, sunt totuși utilizate la maximum, mai ales la unitățile de mare putere, la care reducerea consumului specific de căldură poate duce la economii importante.

Imbunătățirea randamentului termic prin utilizarea integrală a căldurii conținută în abur — inclusiv a căldurii de condensare — constitue

unul din principalele scopuri urmărite în industria producătoare de energie.

In centralele cu condensație această soluție este utilizabilă în parte datorită instalației de

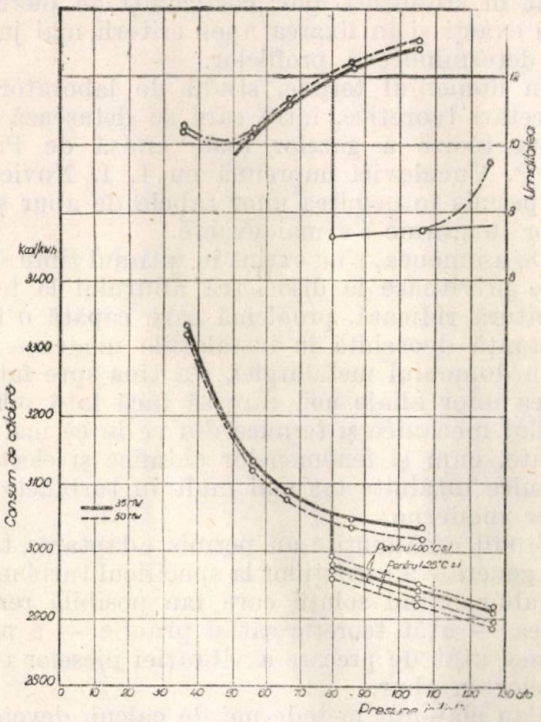


Fig. 12. — Variația consumului specific de căldură (w) și a umidității finale (x), în funcție de presiunea inițială și temperatura de supraîncălzire intermediară (presiunea în condensator 0,04 ata).

preîncălzire regenerativă a apei de alimentare, cu ajutorul căreia se pot obține rezultate deosebit de interesante în ceeace privește economia de căldură (vezi fig. 13).

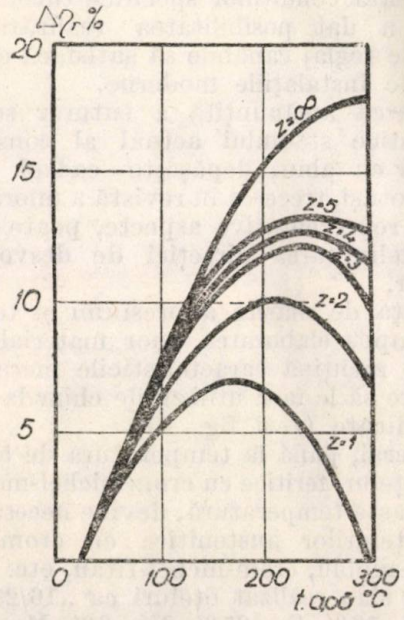


Fig. 13. — Variația randamentului instalației de preîncălzire regenerativă, în funcție de numărul treptelor de preîncălzire.

Prin utilizarea turbinelor de termoficare — turbine cu contrapresiune și turbine cu prize reglabile — economia realizabilă poate ajunge la valori importante, ridicând randamentul efectiv al centralei, uneori, la peste 75%.

Avantajul oferit de aceste turbine crește odată cu mărirea presiunii inițiale a aburului și cu reducerea presiunii la evacuare, în cazul turbinelor cu contrapresiune, respectiv la priză, în cazul turbinelor cu prize (vezi fig. 14).

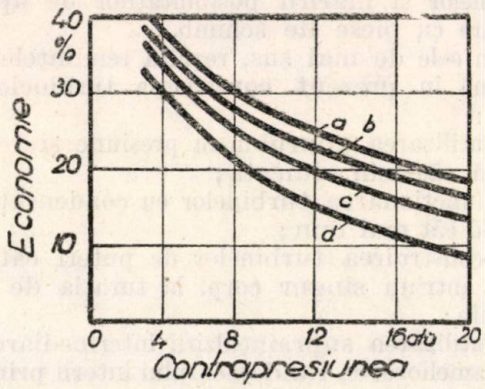


Fig. 14. — Economia realizabilă în instalațiile de termoficare, în funcție de contrapresiune și parametrii inițiali ai aburului.
a — abur de 110 ata și 485°C cu supraîncălzire intermediară
b — abur de 71 ata și 485°C
c — abur de 55 ata și 485°C
d — abur de 35 ata și 435°C

Tot în scopul îmbunătățirii randamentului general, se construesc turbine de tipuri speciale, destinate, în cele mai multe cazuri, să funcționeze în centrale industriale : turbine alimentate cu abur de evacuare, turbine alimentate cu abur cu două presiuni diferite, turbine alimentate de acumulatori de abur, etc.

Turbinele cu abur folosite în instalațiile binare, vapori de mercur-abur sau gaze-abur, prezintă un interes deosebit, datorită randamentului termic ridicat, realizabil cu ciclurile binare.

De altfel, turbinele cu abur care funcționează în asemenea instalații, nu se deosebesc în general de turbinele cu abur obișnuite.

De remarcat interesul deosebit pe care îl prezintă ciclurile binare gaze-abur, nu numai pentru centralele industriale, ci și pentru centralele termoelectrice aparținând sistemelor energetice.

Mărirea durabilității devine din ce în ce mai necesară, datorită avantagiilor importante pe care le aduce : lungirea timpului de utilizare a mașinilor — respectiv reducerea cotei de amortisment — reducerea cheltuelilor de reparații, micșorarea numărului de opriri accidentale și de opriri pentru revizii periodice, ceeace este deosebit de important, în special la agregatele de mare putere.

Luarea de măsuri constructive în scopul simplificării exploatării constitue un factor nu numai dorit, ci chiar indispensabil la marile unități.

Soluția acestei probleme constă în automatizarea la maximum, atât a manevrelor curente în exploatare, cât și — în special — a celor impuse de situațiile anormale.

Prin aceasta se obține pe lângă simplificarea exploatării și mărirea siguranței agregatelor.

Standardizarea tipurilor de turbine mai des întrebuințate — chiar până la puterile cele mai mari — cum și standardizarea anumitor elemente componente ale acestora, a adus o contribuție deosebit de importantă, în sensul micșorării ciclului de fabricație, reducerii prețului turbinelor și măririi posibilităților de aprovizionare cu piese de schimb.

Din cele de mai sus, rezultă tendințele care domină în prezent construcția turbinelor cu abur:

— utilizarea aburului cu presiune și temperatură cât mai ridicată;

— funcționarea turbinelor cu condensație cu un vid cât mai bun;

— construirea turbinelor de puteri cât mai mari, într'un singur corp, la turația de 3000 rot/min;

— utilizarea supraîncălzirii intermediare;

— ameliorarea randamentului intern prin măsuri de ordin constructiv;

— utilizarea preîncălzirii regenerative;

— construirea turbinelor de termoficare;

— construirea unor tipuri speciale de turbine, în scopul ameliorării randamentului global al anumitor întreprinderi;

— mărirea durabilității;

— mărirea gradului de automatizare și perfecționarea dispozitivelor de siguranță;

— standardizarea tipurilor de turbine și elementelor componente mai des întrebuințate.

PROBLEME NOI ȘI SOLUȚIONAREA LOR IN CONSTRUCȚIA TURBINELOR CU ABUR MODERNE

Este remarcabil faptul că aplicarea unilaterală a unora din tendințele manifestate în domeniul construcției turbinelor cu abur, duce — în anumite condiții — la rezultate nedorite. Din acest punct de vedere, este reprezentativă problema umidității aburului în ultimele trepte.

Mărirea presiunii inițiale a aburului, îmbunătățirea vidului la eșirea din turbină și ameliorarea randamentului intern, determină, pe lângă îmbunătățirea randamentului efectiv — rezultat de altfel urmărit — și efectul nedorit al creșterii umidității aburului în partea de joasă presiune a turbinei.

Insăși soluția, care constă în mărirea temperaturii inițiale și în supraîncălzirea intermediară a aburului, tinde, în oarecare măsură, datorită influenței favorabile pe care o are asupra randamentului intern, să mențină titlul final al aburului la valori coborîte.

Cele de mai sus ilustrează interdependența existentă între factorii determinanți ai evoluției turbinelor cu abur, amploarea problemelor și faptul că acestea nu pot fi rezolvate decât în urma unor lucrări de ansamblu.

Schimbările ce s'au impus ca necesare au ridicat numeroase probleme noi, care au afectat atât concepția constructivă, cât și metodele de calcul, fabricația și exploatarea.

S'au efectuat în ultimul timp numeroase cercetări în scopul cunoașterii mai îndeaproape a condițiilor reale de scurgere prin ajutaje și palete. Rezultatul acestor cercetări s'a concretizat în stabilirea unor coeficienți de pierderi mai exacți și în fixarea unor criterii mai juste de determinare a profilelor.

In domeniul termic, studii de laborator și cercetări teoretice, între care se detașează recenta teorie a gazelor reale emisă de Prof. M. P. Vucalovici împreună cu I. I. Novicov, au permis întocmirea unor tabele de abur și a unor diagrame i-s mai exacte.

De asemenea, s'au extins în ultimul timp studiile privitoare la disocierea aburului la temperatură ridicată, problemă care capătă o importanță deosebită în instalațiile moderne.

In domeniul metalurgiei, s'a tins spre fabricarea unor aliaje noi, care să facă față solicitărilor mecanice și termice din ce în ce mai ridicate, cum și fenomenelor chimice și electrochimice întâlnite tot mai mult în turbinele cu abur moderne.

Studii amănunțite au permis adaptarea teoriei generale a oscilațiilor la specificul turbinelor cu abur, dând soluții care fac posibilă rezolvarea — atât teoretic cât și practic — a problemei atât de precare a vibrației pieselor turbinelor cu abur.

S'au elaborat metode noi de calcul, devenite necesare în urma direcției luate de desvoltarea construcției turbinelor. Printre acestea, este de remarcat în special calculul la fluaj, fenomen care se face cu atât mai resimțit, cu cât piesele solicitate din punct de vedere mecanic sunt supuse la temperaturi mai ridicate.

Sistematizarea cunoștințelor asupra reglajului a permis întocmirea unor teorii unitare [1]), care aplicată condițiilor specifice turbinelor cu abur [2]), a dat posibilitatea realizării unor sisteme de reglaj capabile să satisfacă cerințele impuse de instalațiile moderne.

Analizarea amănunțită a tuturor soluțiilor caracteristice stadiului actual al construcției turbinelor cu abur, depășește cadrul acestui articol. Totuși, trecerea în revistă a unora dintre cele mai reprezentative aspecte, poate fi utilă pentru delimitarea direcției de desvoltare a turbinelor.

Tendința de mărire a presiunii și temperaturii a impus elaborarea unor materiale capabile să-și mențină caracteristicile mecanice la valori care să le facă utilizabile chiar la temperaturi ridicate (vezi fig. 15).

In general, până la temperatura de 550°C se folosesc oțeluri feritice cu crom-nichel-molibden. Peste această temperatură, devine necesară folosirea oțelurilor austenitice cu crom-nichel-molibden-niobiu, crom-nichel-titan, etc.

Recent s'au realizat oțeluri ca „16/25/6" cu 0,06% C, 16% Cr, 25% Ni, 6% Mo, având

[1]) *Z. S. Bloh*: „Dinamica sistemelor liniare de reglare automată a mașinilor". Gostehizdat, Moscova, 1952.

[2]) *I. I. Chirilov*: „Reglarea turbinelor cu abur și cu gaze". Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

după 1000 ore de funcționare, rezistența la rupere 9 kg/mm² la temperatura de 870°C, sau oțeluri ca „S 816" cu 0,4 C, 20% Cr, 20% Ni, 45% Co, 3% Mo, 4% W, care în aceleași condiții are rezistența de 10—14 kg/mm².

In prezent aceste materiale sunt folosite doar în construcția turbinelor cu gaze; existența lor

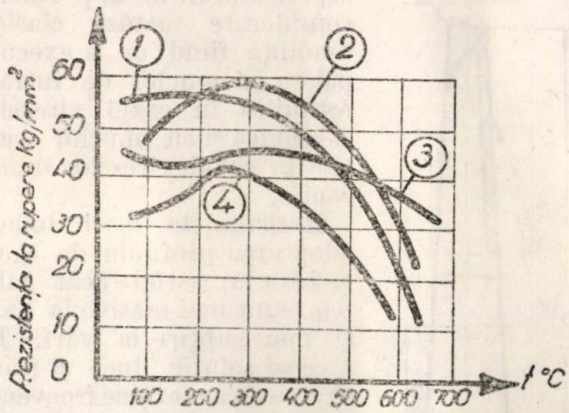


Fig. 15. — Rezistența la rupere a oțelului în funcție de temperatură.

1 — oțel cu 0,15% C; 4—6% Cr; 0,5% Mo; 0,5% Mn
2 — oțel cu 0,15% C; 0,5% Mo; 0,4% Mn
3 — oțel cu 0,15% C; 0,5% Cr; 0,5% Mo; 0,5% Mn
4 — oțel cu 0,1 % C; 0,5% Mn

lărgește însă perspectiva măririi temperaturii aburului la admisie.

Problema rezistenței oțelului față de acțiunea chimică a oxigenului liber existent în abur, devine cu atât mai acută, cu cât ,la temperatura de 600°C, disociația vaporilor de apă, deși redusă încă, ajunge totuși la valori care, cu timpul, prin oxigenul pus în libertate, sub influența acceleratoare a temperaturii de funcționare și sub acțiunea catalitică a unora din elementele componente ale oțelului, poate duce la deteriorarea acestuia.

In prezent există în funcțiune turbine alimentate cu abur de 565°C și unele — în construcție — cu 600°C. Bineînțeles, aceste temperaturi nu solicită decât partea de admisie a turbinelor — cutia ventilelor — până la ajutajele treptei de reglaj.

Ținând seama de progresul normal în domeniul îmbunătățirii caracteristicelor materialelor, se afirmă ca posibilă construirea — în următorii zece ani — a turbinelor alimentate cu abur de 650°C.

Tendința de a construi unități de puteri cât mai mari la 3000 rot/min, pune problema puterii limită.

In general, limita superioară a puterii este determinată de dimensiunile paletei ultimei trepte.

Pentru anumite valori ale căderii adiabate de căldură, ale pierderii prin viteza reziduală la ieșirea din ultima treaptă și pentru anumite valori ale randamentelor agregatului, puterea limită este dată de relația

$$P_{lim} = k \cdot \frac{u^2}{\delta \cdot n^2 \cdot v_2},$$

în care

k este o constantă determinată de factorii invariabili ai mașinii,

$u = \frac{\pi \cdot d_m \cdot n}{60}$ este viteza periferică medie;

$\delta = \frac{d_m}{l_p}$ adică raportul dintre diametrul mediu al ultimei trepte și lungimea paletei respective;

n este turația, iar

v_2 este volumul specific al aburului, determinat de vidul existent la ieșirea din ultima treaptă.

Deoarece din cauza solicitărilor u nu poate depăși 300 m/s, iar δ nu poate scădea sub 3, rezultă că pentru un anumit vid în condensator și pentru o anumită turație, puterea maximă este determinată de lungimea ultimei palete.

Rezultă clar că prin reducerea turației se pot ușor realiza puteri foarte mari. Totuși, având în vedere avantagiile aduse de funcționarea la 3000 rot/min, se recurge în cazul turbinelor de mare putere, la divizarea debitului de abur în două sau chiar patru fluxuri, astfel încât, lungimea paletelor ultimelor trepte ale fiecărui flux să se încadreze în limitele permise de rezistențele admisibile.

Divizarea fluxului de abur contribue la îmbunătățirea randamentului intern, datorită faptului că permite menținerea pierderii prin viteza reziduală la valori coborîte. Totuși, această soluție nu este aplicată decât în cazul puterilor foarte mari, deoarece determină mărirea și scumpirea turbinei.

Din acest motiv, în unele cazuri se recurge — atunci când soluția clasică a fluxului unic într'un singur corp nu permite realizarea puterii necesare — la soluția cu flux dublu într'un singur corp (vezi fig. 16) sau la soluția deosebit

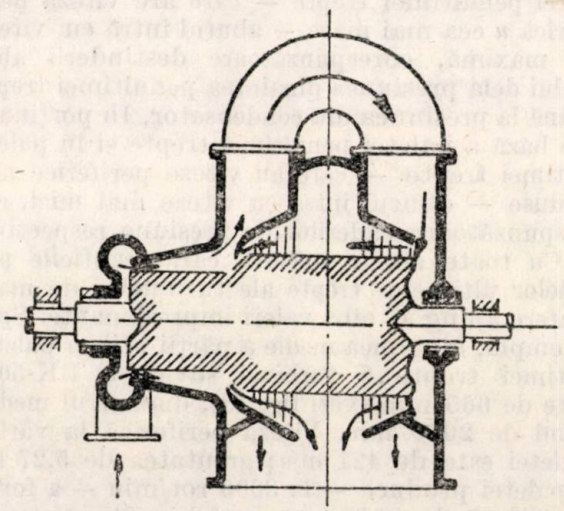


Fig. 16. — Turbină cu dublu flux într'un singur corp.

de ingenioasă a etajării paletelor penultimei trepte (vezi fig. 17).

Această soluție permite nu numai ridicarea limitei de putere la 3000 rot/min, ci și îmbunătățirea randamentului ultimelor trepte.

In adevăr, acest randament depinde între altele de corespondența dintre direcția relativă a jetului de abur față de paletă și unghiul de

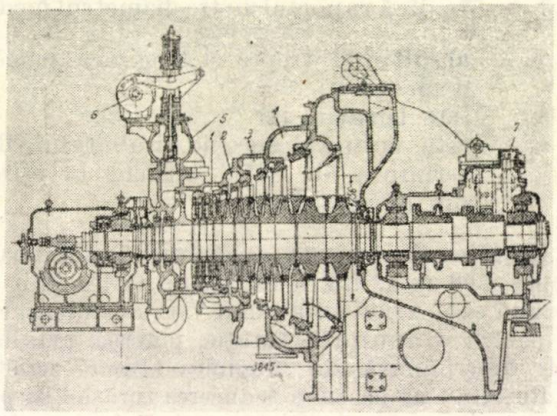


Fig. 17. — Turbina sovietică AK-50-2.

intrare β_1 al acesteia, cum și de valoarea raportului u/c_1.

Prima dintre aceste două condiții este respectată în turbinele moderne prin construirea paletelor răsucite, al căror unghiu de intrare variază dela piciorul la vârful paletei.

Cea de a doua condiție este mai greu de îndeplinit, deoarece viteza periferică u variază dela simplu la dublu la paletele cu raportul $\delta=3$, în timp ce viteza aburului c_1 este constantă, fiind determinată de căderea de presiune pe treaptă.

Prin etajarea paletelor penultimei trepte, pe lângă că se reduce debitul de abur prin ultima treaptă atât cât este necesar pentru a căpăta o lungime de paletă, respectiv un raport δ admisibil, se obțin și rapoarte u/c_1 mai bune. Aceasta deoarece în porțiunea dela vârful paletei penultimei trepte — care are viteza periferică u cea mai mare — aburul intră cu viteza c_1 maximă, corespunzătoare destinderii aburului dela presiunea dinaintea penultimei trepte până la presiunea din condensator. In porțiunea de bază a paletei penultimei trepte și în paleta ultimei trepte — care au viteze periferice mai reduse — aburul intră cu viteze mai mici, corespunzătoare căderilor de presiune respective.

Cu toate aceste măsuri, caracteristicile paletelor ultimelor trepte ale turbinelor de mare putere ajung să aibă valori impresionante. Spre exemplu, lungimea medie a părții utile a paletei ultimei trepte a turbinei sovietice BK-50-1 este de 665 mm (vezi fig. 18), diametrul mediu fiind de 2000 mm. Viteza periferică la vârful paletei este de 421 m/s; greutatea de 5,27 kg a paletei produce — la 3000 rot/min — a forță centrifugă de 42,08 tone, astfel încât rezistența maximă în paletă ajunge la 2300 kg/cm².

Problema paletelor — și în special a paletelor treptelor de joasă presiune — prezintă numeroase alte aspecte.

Astfel, în scopul micșorării pierderilor prin șocuri pe muchia de intrare, se tinde în prezent la complectarea metodei clasice de determinare a profilelor — care lua în considerație aproape numai ecuația continuității — cu metoda de calcul a profilelor aerodinamice. Aceasta ne conduce la profile cu aspect diferit de al profilelor considerate astăzi clasice, tendința fiind de a executa palete cu muchii de intrare rotunjite în cazul vitezelor subsonice și cu muchii ascuțite în cazul vitezelor supraconice.

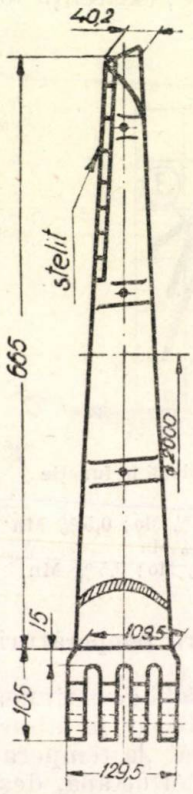


Fig. 18. — Paleta ultimei trepte a turbinei sovietice BK-50-1.

Rezistențele mari impun adoptarea profilului de egală rezistență, astfel încât paletele sunt mai masive la bază și mai subțiri la vârf. La aceeași soluție duce și necesitatea de a menține frecvența proprie a paletelor la o valoare suficient de ridicată.

In scopul măririi rezistenței față de eroziunea produsă de picăturile de apă, muchia de intrare a paletelor se placează cu metale dure de tip stelit (vezi fig. 18).

Tot în scopul reducerii efectului dăunător al umidității aburului, în paralel cu ridicarea temperaturii inițiale, introducerea supraîncălzirii intermediare și placarea paletelor, se iau măsuri de ordin constructiv pentru drenarea și evacuarea apei condensate. La unele turbine, se mărește titlul prin introducerea, în treptele de joasă presiune, a aburu-

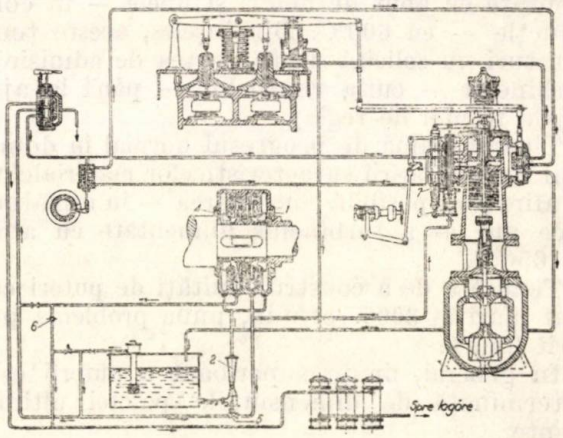


Fig. 19. — Sistemul sovietic de reglaj hidrodinamic V.T.I.

lui supraîncălzit, prelevat din primele trepte ale tubinei.

Fabricația în serie a turbinelor cum și dificultățile de prelucrare a materialelor de mare rezistență, a îndemnat pe tehnologi să recurgă

în ultimul timp la executarea paletelor prin turnarea de precizie. Acest procedeu nou permite obținerea toleranțelor și calității suprafețelor prescrise, numai prin turnare, fără nici o prelucrare ulterioară prin așchiere.

Carcasa a suferit în ultimul timp schimbări importante, atât în ceeace privește concepția constructivă, cât și în privința procesului de fabricație.

Se folosesc din ce în ce mai mult, în special în turbinele de mare putere, inelele port-diafragme (vezi fig. 17 și fig. 20). Această soluție simplifică mult prelucrarea carcaselor, piese greu de manipulat și care în faza anterioară imobilizau timp îndelungat mașinile cele mai grele. Prelucrarea inelelor este simplă, se poate face pe mașini mai mici și cu mult mai mare precizie, datorită accesului ușor la suprafețele ce trebuesc prelucrate. Această soluție permite în plus amplasarea fără dificultăți a numeroaselor prize care alimentează cu abur instalația de preîncălzire a apei de alimentare.

Sudura, care în prezent este larg folosită la construcția rotorilor-tambur, a început să fie din ce în ce mai des întâlnită și în construcția carcaselor.

Din compararea figurilor 17 și 20, rezultă clar avantagiile oferite de folosirea judicioasă a sudurii; la turbina BK-50-1 construcția este mult mai compactă în regiunea ventilelor de admisie decât la turbina AK-50-2.

Sudura a căpătat însă cea mai largă răspândire la carcasele de joasă presiune, care se execută — la turbinele de mare putere — fie dintr'o combinație de părți sudate și turnate (vezi fig. 20 și 21), fie exclusiv prin sudură (vezi fig. 23).

In general, turbinele moderne sunt prevăzute cu reglaj prin admisie. Totuși, la unele turbine de bază, al căror sistem de reglaj este caracterizat de un grad de neregularitate mai mare, se utilizează reglarea prin laminare, având în vedere simplitatea și prețul mai redus al acestui sistem de reglaj.

Construcțiile recente arată tendința de trecere dela transmisia mecanică — cu pârghii — la transmisia hidraulică.

Mai mult decât atât, există construcții, ca aceea a sistemului sovietic de reglaj hidrodinamic V. T. I. [1]), în care regulatorul centrifugal clasic este înlocuit cu o pompă centrifugă montată pe axul turbinei. Uleiul, a cărui presiune variază cu pătratul turației pompei, comandă servomotoarele și celelalte elemente ale sistemului de reglaj (vezi fig. 19).

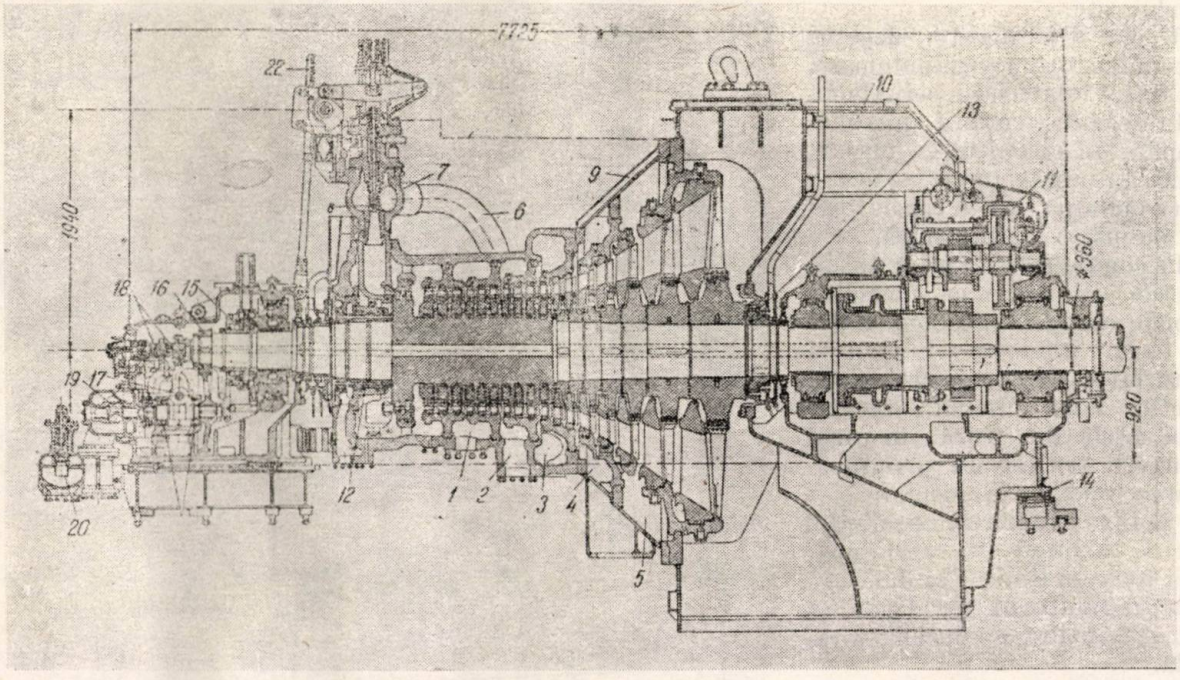


Fig. 20. — Turbina sovietică BK-50-1.

S'au executat și turbine a căror reglare se face prin variația presiunii aburului la cazan, ceeace este posibil, fără prea mari dificultăți, la cazanele cu circulație forțată.

Reglarea presiunii aburului prelevat — la turbinele cu priză sau cu contrapresiune — aduce în general importante complicații constructive, scumpește turbina și îi mărește ancombramentul. Aceste constatări sunt valabile în special la turbinele cu prize reglabile multiple.

In ceeace privește regulatoarele de presiune, în ultimul timp se manifestă tendința înlocuirii — în scopul măririi sensibilității și siguranței în funcționare — a regulatoarelor cu membrană, cu regulatoare cu jet mobil.

Creșterea puterii agregatelor și a parametrilor aburului, menținerea turației ridicate de 3000

[1]) Institutul Termotehnic Unional.

rot/min şi complexitatea mărită a instalaţiilor moderne a impus introducerea unui sistem automat de supraveghere, alarmă şi intervenţie.

Turbinele moderne sunt prevăzute cu dispozitive care urmăresc şi dau alarma în cazul depăşirii valorilor limită a temperaturii aburului de alimentare, presiunii aburului în unele trepte de control, temperaturii lagărelor, poziţiei axiale a rotorului, etc.

Unele din aceste depăşiri determină intervenţia automată, în sensul înlăturării pericolului.

In cazul scăderii presiunii uleiului în circuitul de ungere, intră automat în funcţiune o electropompă, iar în caz de lipsă de curent, o turbopompă.

Pe conductele de priză există ventile automate cu închidere rapidă, care izolează conductele în cazul întreruperii admisiei în turbină. De asemenea, există ventile care închid automat conductele de priză, în cazul spargerii ţevilor în preîncălzitoarele apei de alimentare.

Pentru mărirea siguranţei opririi turbinei în cazul depăşirii turaţiei limită, se dublează atât regulatorul de siguranţă cât şi ventilul cu închidere rapidă.

Tendinţa de unificare şi standardizare a tipurilor de turbine cu abur de fabricaţie curentă, s'a tradus în fapt pentru întâia dată în U.R.S.S.

Prin GOST 3618 - 47 s'au standardizat 28 tipuri de turbine cu condensaţie, cu puteri între 0,75 şi 100 MW, 17 dintre aceste tipuri fiind prevăzute cu prize reglabile de abur.

Prin GOST 3678 - 47 s'au standardizat 31 tipuri de turbine cu contrapresiune, cu puteri între 0,75 şi 25 MW, presiunea aburului evacuat fiind cuprinsă între 2 şi 38 ata.

Mai importantă chiar decât standardizarea turbinelor este tipizarea şi standardizarea pieselor principale şi a unora dintre subansamble.

Acest pas important a putut fi făcut numai în Uniunea Sovietică, unde structura socia-

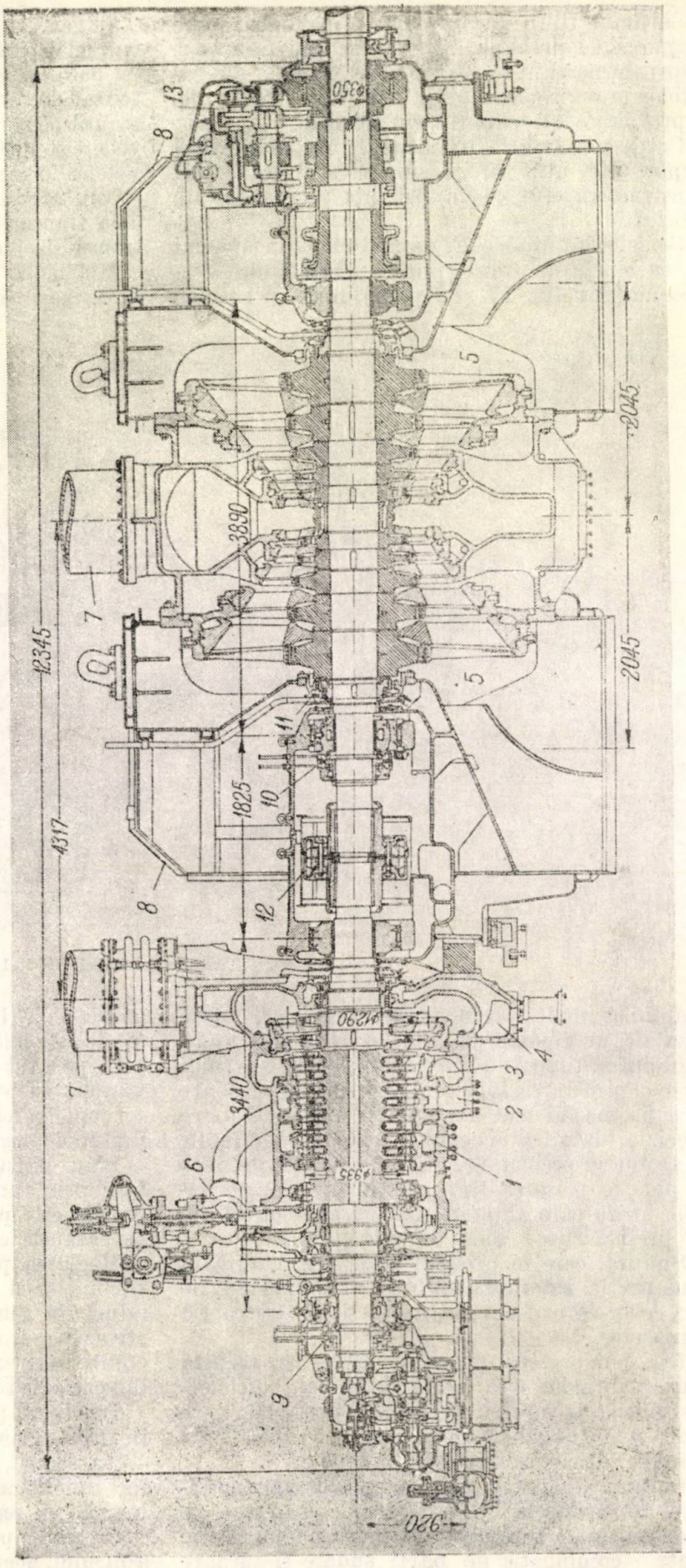


Fig. 21. — Turbina sovietică BK-100-2.

listă a industriei a creeat condițiile necesare standardizării fabricației de specialitate.

Numeroase piese și subansamble ca : lagăre, labirinți, ventile, sisteme complecte de reglaj, condensatoare, pompe, etc., se fabrică în serie așa încât, în ciclul de fabricație al turbinelor, aceste elemente intervin numai ca operație de montaj.

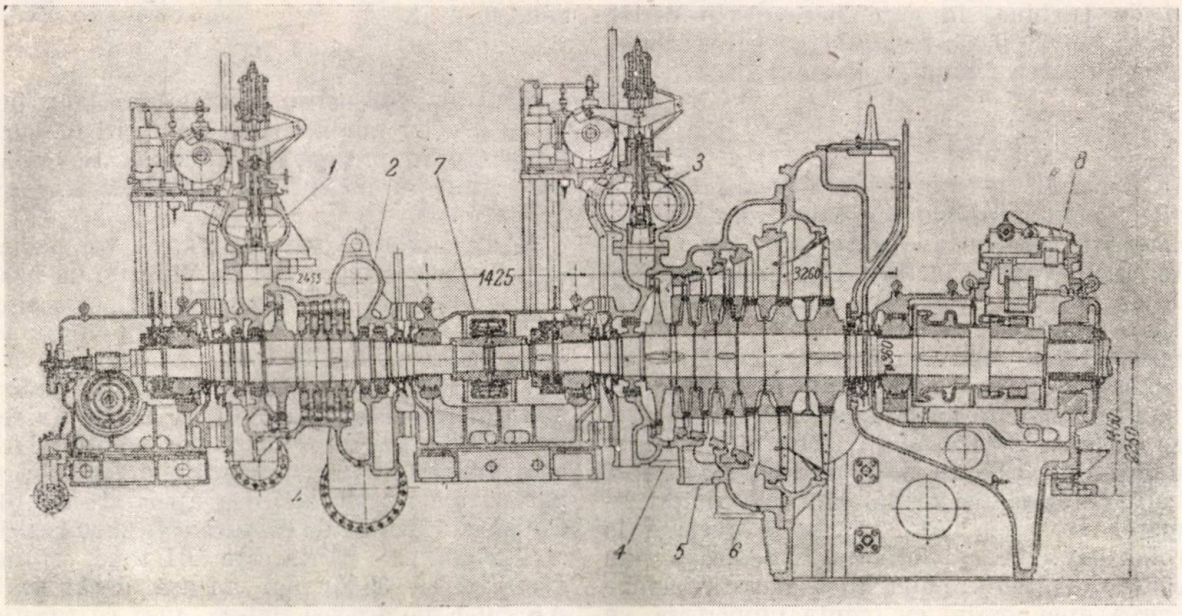


Fig. 22. — Turbina sovietică AII-50.

Au fost tipizate numeroase profile de ajutaje și palete și chiar piesele în sine. Aceasta este posibil în cazul turbinelor de putere mică, la care, folosind aceleași ajutaje și palete, puterea poate fi schimbată prin modificarea gradului de admisie. In cazul turbinelor de mare putere însă, soluția aceasta nu mai este admisibilă, din cauza reducerii randamentului. La aceste turbine se pot folosi doar profile tipizate, înălțimile ajutajelor și paletelor find determinate de debitul de abur la admisia totală.

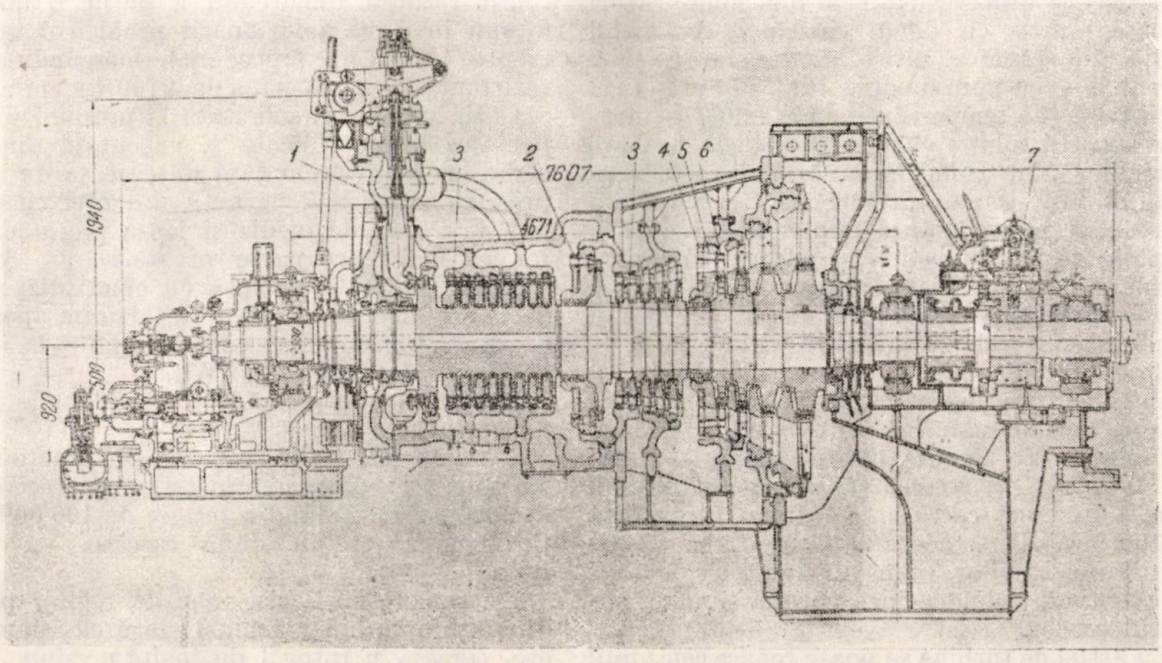


Fig. 23. — Turbina sovietică ВПТ-25-3.

Importanța tipizării ajutajelor și paletelor rezultă din aceea că, din timpul necesar pentru operațiile de prelucrare a turbinelor,

în medie 40% este afectat prelucrării acestor piese.

In prezent se tinde la standardizarea rotoarelor și diafragmelor, ceeace nu se poate realiza însă decât în cazul proectării unei serii de tipuri de turbine, în care fiecare tip derivă dintr'un tip de bază, prin adăogarea, scoaterea sau modificarea anumitor elemente.

REALIZĂRI

In general, turbinele care se construesc în prezent pentru marile centrale termoelectrice urmează tendințele analizate mai sus.

In unele cazuri, factorii economici specifici intervin, aducând corective mai mult sau mai puțin importante.

Spre exemplu, în regiunile complect lipsite de combustibil, în care costul acestuia influențează în mult mai mare măsură prețul energiei produse decât în mod obișnuit, criteriul eftinității instalației — care în mod normal stă alături de criteriul randamentului cât mai ridicat — dispare. In asemenea cazuri, se recurge la turbina caracterizată de cel mai redus consum specific de căldură, chiar dacă aceasta impune alegerea unei mașini cu trepte numeroase, cu corpuri multiple și cu mai multe axe.

In afara acestor cazuri particulare, în general, se folosesc turbine alimentate cu abur de presiune înaltă — până la 160 ata; cu temperaturi — la admisie și după supraîncălzirea intermediară — cât mai ridicate, până la 565/537°C; cu preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare până la 8 trepte și 240°C. Ca treaptă de reglaj se utilizează în cele mai multe cazuri o roată Curtis cu două coroane. Avantajul oferit de scăderea într'o singură treaptă, a presiunii — cu aproximativ 40% din presiunea inițială — și a temperaturii cu cca 50°C — menține această soluție chiar la turbinele de mare randament. In scopul îmbunătățirii randamentului intern, se iau măsuri pentru reducerea pierderilor în turbină, pentru drenarea apei în treptele de joasă presiune și pentru micșorarea pierderilor la eșire (prin lungirea ultimei palete, mărirea secțiunei racordului dintre turbină și condensator, îmbunătățirea — din punct de vedere hidrodinamic — a acestui racord).

In general, turbinele cărora li se aplică aceste măsuri de îmbunătățire, se construesc la 3000 rot/min, într'o singură carcasă până la puteri de 50 MW și, la aceeași turație, pe cât posibil numai în două carcase, cu dublu flux, până la 100 MW. Peste această putere trebue mărit numărul corpurilor, numărul fluxurilor de abur și, eventual, trebue redusă turația și mărit numărul axelor.

Cu astfel de turbine se poate reduce consumul de căldură în exploatare normală, sub 2300 kcal/kWh.

De altfel, în instalațiile moderne, caracterizate prin prize numeroase — pentru preîncălzire sau termoficare — aprecierea calității unei turbine nu se mai poate face prin consumul specific global de abur — kg/kWh — care își pierde sensul, ci numai prin consumurile specifice corespunzătoare puterilor ce se obțin prin destinderea parțială a aburului până la diferite presiuni de priză, respectiv până la condensator.

* * *

Spațiul restrâns nu permite trecerea în revistă a celor aproape 100 de tipuri de turbine fabricate în prezent în Uniunea Sovietică și care sunt în măsură să satisfacă necesitățile curente.

Pentru orientarea generală, se vor da totuși caracteristicele câtorva din tipurile de bază.

Turbina AK-50-2 (vezi fig. 17) este alimentată cu abur de 29 ata și 400°C, presiunea la condensator fiind de 0,04 ata. Puterea 50.000 kW, turația 3000 rot/min. Pentru realizarea acestei puteri într'o singură carcasă, s'a recurs la etajarea paletelor ultimelor trepte. Turbina este prevăzută cu patru prize nereglate; temperatura de preîncălzire a apei este de 165°C Consumul specific de căldură este 2800 kcal/kWh

Turbina care cântărește 161 tone, este aproximativ cu 33% mai ușoară decât turbina AK-50-1, de aceeași putere, însă cu turația de 1500 rot/min.

Turbina BK-50-1 (vezi fig. 20) are aceeași putere și turație ca turbina AK-50-2, dar este alimentată cu abur de 90 ata și 480°C. Aceasta este singura turbină cu condensație din lume, care realizează puterea de 50 000 kW, la 3000 rot/min, într'o singură carcasă, cu un singur flux de abur, fără etajarea ultimelor trepte. Acest rezultat remarcabil a putut fi obținut numai în urma soluționării problemei ultimei trepte (vezi cap. precedent), mergându-se cu rezistența în roată până la 2700 kg/cm^2.

Cutia ventilelor, solicitată la presiuni și temperaturi foarte ridicate și executată din material special, este sudată de carcasa de înaltă presiune, care este turnată din oțel cu 0,5% Mo. Carcasele de medie și joasă presiune sunt în cea mai mare parte sudate.

Turbina este prevăzută cu cinci prize nereglate; temperatura de preîncălzire a apei este de 227°C. Consumul specific de căldură la 50 000 kW, este de 2290 kcal/kWh.

Turbina cântărește 150 tone, deci mai puțin decât turbina AK-50-2.

Turbina BK-100-2 (vezi fig. 21) funcționează cu abur cu aceeași parametri ca și precedenta, la 3000 rot/min, dând o putere de 100 000 kW. Construcția este în două carcase, cu dublu flux.

De remarcat că sistemul de reglaj, partea din față a turbinei, inclusiv lagărele, pompele, etc. carcasa și rotorul de înaltă presiune, cum și carcasa și rotorul de joasă presiune, sunt construite din elemente comune turbinei BK-50-1.

Condițiile de preîncălzire a apei de alimentare sunt aceleași ca și la turbina BK-50-1.

Consumul specific de căldură este 2270 kcal/kWh. Greutatea turbinei este de 270 tone.

Turbina A П-50.

In U.R.S.S. termoficarea s'a desvoltat mai mult decât în oricare altă țară. Construirea turbinelor cu contrapresiune, cu prize industriale și cu prize pentru încălzit a ajuns la un stadiu care lasă la mare distanță construcțiile din aceleași categorii, realizate în alte țări.

Turbina АП-50 este cea mai mare turbină cu priză industrială reglabilă, construită până în prezent (vezi fig. 22). Alimentată cu abur de 29 ata și 400°C, dă puterea de 50 000 kW la 3000 rot/min. Construcția este în două carcase, cu etajarea ultimelor trepte. Presiunea la priză este 7±1 ata. Debitul maxim de abur prelevat este 200 tone/h.

Preîncălzirea apei de alimentare se face în patru trepte, la temperatura de 155°C.

Sistemul de reglaj cuprinde cinci ventile de admisie și șase ventile de priză.

Turbina, care cântărește 220 tone, cuprinde numeroase elemente luate dela turbinele AK-50-2 și AK-100-1.

Turbina ВПТ-25-3 (vezi fig. 23) este o turbină cu două prize reglabile: una pentru termoficare industrială, cu un debit maxim de 130 tone abur/h la presiunea 10^{+3}_{-2} ata și o priză pentru încălzire, cu un debit maxim de 100 tone abur/h, la presiunea de 1,2 până la 2,5 ata.

De remarcat că reglarea ambelor prize se face cu diafragme rotative, ceeace simplifică mult sistemul de reglaj, atât de complicat la turbinele obișnuite cu două prize reglate, și permite scurtarea rotorului, respectiv construirea turbinei într'o singură carcasă.

Turbina are numeroase elemente comune cu celelalte turbine din seria B: partea din față, carcasa și parte din rotorul de înaltă presiune, sistemul de reglaj al admisiei, etc.

Greutatea turbinei este de 130 tone.

Intre turbinele sovietice se găsesc deasemenea numeroase alte tipuri interesante, cum este bunăoară turbina BT-25, de 25000 kW cu o priză de 100 tone/h pentru încălzit, turbinele cu compresiune și turbinele înaintașe din seria BP etc.

Turbina de 150 000 kW*) construită de uzina LMZ este prima unitate de această putere, care funcționează la turația de 3000 rot/min.

O categorie aparte o constitue turbinele radiale. Acestea, limitate până nu demult la puteri reduse, în general sub 10000 kW, s'au desvoltat în ultimul timp în sensul măririi puterii, ajungându-se recent la unități de 60 000 kW.

Avantagiile oferite de aceste turbine ,în special de tipul Ljungström: randament foarte ridicat la greutate specifică și gabarit redus, le indică din ce în ce mai mult pentru utilizarea în marile centrale termoelectrice.

De remarcat că în ultimii ani, pentru a face față unor cereri speciale, venite mai ales din partea centralelor relativ mici, neracordate la rețelele marilor sisteme energetice, constructorii și-au dirijat eforturile în scopul realizării unor agregate de putere redusă, fără complicații prea mari, însă cu randament ridicat.

S'au construit astfel turbine cu puteri dela 5000 kW, alimentate cu abur de cca 125 ata și 535—550°C, fără supraîncălzire intermediară, până la turbine de 15 000 kW, cu supraîncălzire intermediară la 530°C. Randamentul efectiv al centralelor funcționând numai cu astfel de mașini a putut fi ridicat până la 32%, față de 36%, cât este randamentul actual al centralelor care utilizează turbine de puteri mari, alimentate cu abur cu aceeași parametri.

INSTALAȚIILE ANEXE

In general, fiecare din elementele componente ale instalațiilor anexe și-a avut desvoltarea sa proprie, determinată de evoluția turbinei.

La debitele mari de abur și vidul accentuat ce caracterizează instalațiile moderne, atât suprafața totală a țevilor cât și dimensiunile condensatorilor ajung la mărimi impresionante. Astfel, pentru turbinele de 100 MW, suprafața de răcire necesară este în general mai mare de 5000 m².

Cele mai frecvente sunt tipurile de condensatori cilindrici, ovali, radiali și paralelipipedici.

Distribuția judicioasă a țevilor și a spațiilor de acces a aburului a permis ridicarea încărcării specifice a condensatorului până la 80 kg abur/m²h, față de 50 cât era limita până nu de mult, micșorarea căderii de presiune în condensator, respectiv reducerea subrăcirii condensatului.

Tot în scopul reducerii subrăcirii se construesc condensatorii regenerativi, în care curentul de abur adus în partea de jos a corpului încălzește condensatul subrăcit până la temperatura de saturație.

Se menține divizarea condensatorilor, pentru a fi posibilă curățirea în timpul funcționării și oprirea unora dintre pompe în cazul exploatării la sarcini parțiale.

Pentru reducerea pierderii de sarcină, se tinde în prezent la construirea de condensatori cu un singur drum de apă.

Condensatorii răciți cu aer nu au putut fi utilizați în centralele mari, datorită cantităților importante de energie consumate de ventilatoare și gabaritelor prohibitive pe care le-ar avea o asemenea instalație.

Pompele de vid cu piston au cedat complect locul ejectoarelor. Având însă în vedere randamentul slab al acestora și pierderile de abur posibile, în instalațiile mari se utilizează tot mai mult pompele de vid cu inel de apă. Costul exploatării acestora este mai redus decât al ejectoarelor de abur iar timpul de realizare al vidului este foarte scurt.

In instalațiile moderne, pompele de circulație consumă cantități importante de energie.

Debitele mari de apă ale pompelor de circulație — până la 10 m³/s — au determinat folosirea pompelor helicoidale cu pas variabil, care permit reglarea debitului la turație constantă. De remarcat că aceste pompe se mon-

*) actualmente în probă.

tează în general cu axul vertical ceeace impune construirea unor maşini de antrenare adecvate.

Instalaţia de preîncălzire regenerativă a devenit un factor important în centrala termoelectrică modernă, atât datorită instalaţiei în sine cât şi, mai ales, datorită rezultatelor pe care le face posibile.

Inmulţirea numărului treptelor de preîncălzire până la opt, ridicarea temperaturii şi presiunii în ultima treaptă, mărirea debitelor de apă şi abur, au impus construirea unor preîncălzitoare mai compacte şi mai sigure în exploatare, prevăzute cu dispozitive automate de evacuare a aerului şi condensatului, precum şi cu dispozitive automate de izolare şi ocolire în caz de defect.

REPERCUSIUNI IN EXPLOATARE

Odată cu desvoltarea turbinelor, au trebuit să evolueze în mod corespunzător şi metodele de exploatare, în scopul măririi siguranţei, menţinerii în bună stare a agregatelor şi asigurării continuităţii funcţionării acestora.

In prezent, în marile centrale, siguranţa agregatelor este considerată ca o condiţie indispensabilă exploatării şi care, în ultima analiză, nu depinde decât de conştiinciozitatea personalului.

In scopul menţinerii instalaţiilor în bună stare, asigurând totodată continuitatea exploatării — factor deosebit de important mai ales la agregatele de mare putere, a căror oprire neplanificată reprezintă deficite de zeci de MW, care de multe ori nu pot fi acoperite — au apărut în ultimul timp numeroase metode, care permit, de exemplu: spălarea turbinelor de depuneri în timpul funcţionării, prin injectarea de apă şi solvenţi în aburul de alimentare; regenerarea uleiului în timpul funcţionării, prin montarea în paralel cu turbina a unei instalaţii de filtrare şi centrifugare; curăţirea condensatorilor, preîncălzitorilor şi răcitorilor în timpul funcţionării; epurarea continuă sau periodică a apei de răcire; schimbarea caracteristicei sistemului de reglaj în timpul funcţionării etc.

Deosebit de importante pentru rentabilitatea exploatării o constitue menţinerea vidului optim şi evitarea subrăcirii condensatului.

In scopul reducerii la minim a timpului de oprire pentru revizii şi reparaţii, se recurge la metoda de reparaţie rapidă şi, în caz că condiţiile de întreţinere o permit, la mărirea intervalului dintre opririle pentru reparaţii, dela un an, cât este uzual, până la 2—3 ani.

PERSPECTIVE

Este de prevăzut că în următorii 10—15 ani, progresele pe care le va face metalurgia va pune la îndemâna constructorilor materialele necesare pentru realizarea unor agregate alimentate cu abur de 160 ata şi 650°C, supraîncălzirea intermediară făcându-se de asemenea tot până la 650°C.

Cu asemenea agregate se va putea obţine consumul specific net de căldură de 2200 kcal/kWh, ceeace corespunde la un randament efectiv pe centrală de 39%. Limitele de putere existente astăzi vor fi ridicate, micşorând în mod corespunzător factorii caracteristici specifici.

Bibliografie

Bunchin: „Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur". Editura Energetică de Stat, Bucureşti 1953,

Kerţelli L. I. şi *Râjchin V. I.*: „Centrale termoelectrice". Editura Energetică de Stat, Bucureşti, 1952.

Maşinostroenie Vol. 13: „Turbine cu abur". Maşghiz. Moscova 1949.

Stăncescu I. D. şi *Grecu T.*: „Tendinţe actuale în construcţia instalaţiilor principale ale centralelor termoelectrice cu abur". Bul. MEEIE (1950); XI; 18—31.

Sliahin P. N.: „Turbine cu abur". Editura Tehnică, Bucureşti, 1952.

★

НАПРАВЛЕНИЯ И УСПЕХИ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННЫХ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Резюме

Производится анализ определяющих факторов и стремлений которые преобладают в современном паротурбостроении; повышение к. п. д. посредством повышения давления и температуры пара, улучшения вакуума и конструктивные меры; повышение мощности агрегатов, использование промежуточного перегрева, регенеративного подогрева питательной воды и теплофикации; повышение прочности, степени автоматизации и усовершенствование предохранительных устройств; стандартизация турбин и составляющих элементов.

Рассматриваются некоторые вопросы в связи с этими тенденциями и их решение.

Производится обзор наиболее важных достижений, уделяя особое внимание советским турбинам.

В заключение приводятся некоторые перспективные соображения о паротурбостроении.

CONSIDERAȚII ASUPRA UNUI GEN DE TRANSFORMATOR CU DOUĂ TENSIUNI SECUNDARE

Ing. C. MIHĂILEANU

Articolul conține observațiuni originale asupra unor tipuri speciale de transformatori întâlniți uneori în exploatare. Studiul a fost întocmit pentru rezolvarea unei probleme ivite în practică, rezultatele obținute fiind confirmate de experiență.

In rețelele de transport și distribuție, transformatorul este un element important ce face legătura între tensiunile diferitelor rețele. El a apărut ca transformator cu două înfășurări, de tipul clasic, având o tensiune primară și una secundară.

Pe măsura evoluției sistemelor energetice și a gamelor de tensiuni din ce în ce mai ridicate, s'a simțit nevoia introducerii unui nou tip de transformator având două tensiuni secundare și făcând legătura între trei rețele de tensiuni diferite. Acest transformator se realizează ca transformator cu trei înfășurări, denumire sub care este cunoscut în general. Pe același miez se montează o înfășurare terțiară la bornele căreia se culege cea de a doua tensiune secundară.

E bine de precizat însă că această înfășurare terțiară nu trebue confundată cu înfășurarea terțiară care se prevede în transformatorii din grupa de conexiuni stea-stea (*Y* y O sau *Y* y 6) pentru distrugerea componentei homopolare ce poate apărea atunci când una din rețelele la care e racordat transformatorul are neutrul legat direct la pământ.

Asemenea transformatori, deși fac parte din categoria celor cu trei înfășurări nu au decât o singură tensiune secundară, deoarece înfășurarea terțiară se leagă în triunghiu în interiorul transformatorului, fără a i se scoate bornele pe capac. Iată deci că există transformatori cu 3 înfășurări care nu au decât o singură tensiune secundară.

Pe de altă parte, există și transformatori care nu au decât două înfășurări, dar au două tensiuni secundare. Este vorba de acei transformatori la care cele două tensiuni secundare având valori apropiate (ce nu diferă în general cu mai mult de 20% între ele) se pot obține printr'o singură înfășurare comună, prin scoaterea de prize: unele terminale pentru cea mai mare dintre tensiunile secundare și unele intermediare pentru cea mai mică dintre tensiunile secundare. Prin aceasta, genul de transformatori descris mai sus pare a prezenta un raport variabil de transformare, având prizele variabile în înfășurarea secundară, construcție universal răspândită la transformatorii de forță.

Ceeace deosebește însă esențial acești transformatori de transformatorii clasici este faptul că ei trebue să poată debita simultan la ambele tensiuni secundare o putere ce poate fi de 100%, 66% sau 33% după condițiile ce se impun transformatorului (bineînțeles, în total cel mult 100% din puterea transformatorului). O primă urmare este că ei trebue să aibă neapărat scoase pe capac 9 borne de fază: 3 pentru tensiunea primară și alte 6, câte 3 pentru fiecare tensiune secundară.

Dacă înfășurarea secundară este conectată în stea, problema este cât se poate de banală și legăturile se execută ca în schema din fig. 1 (grupa de conexiuni *Y*-y-O).

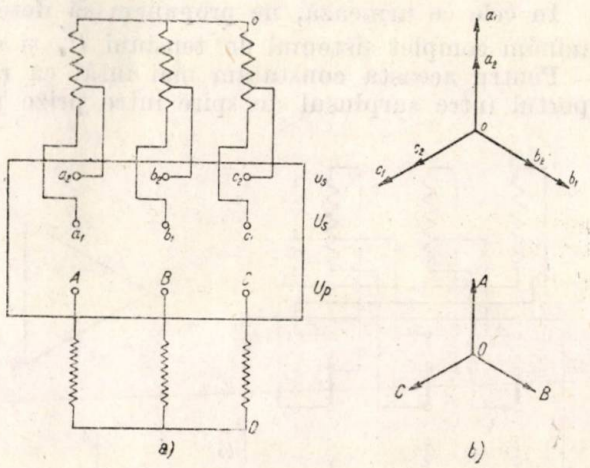


Fig. 1.

Dacă însă înfășurarea secundară este conectată în triunghiu (cum de altfel se obișnuește), problema ia un aspect mai interesant. Asupra acestui gen limitat de transformatori ne vom opri spre a-l examina.

Remarcăm că prin asemănare cu conexiunea în stea din fig. 1, s'ar putea lega transformatorul și în triunghiu (de exemplu în grupa de conexiuni *Y* d 5) conform schemelor din fig. 2 sau 3 (fig. 2 petru tensiunea mică, respectiv fig. 3 pentru tensiunea mare dintre tensiunile secundare), dar că, în acest mod nu putem obține simultan ambele tensiuni secundare U_s și u_s ci numai acea tensiune pentru care este făcută în exterior legătura în triunghiu (tensiunea mică secundară u_s în fig. 2 și tensiunea mare secundară U_s în fig. 3). Prin urmare scopul propus al transformatorului nu este atins.

Conectând transformatorul pentru a obține în secundar tensiunea u_s (ca în fig. 2) am putea culege la bornele a_1 b_1 c_1 o tensiune U_s' diferită ca mărime și poziție de U_s. Deasemenea conectând transformatorul pentru a obține în se-

cundar tensiunea U_s (ca în fig. 3) am putea culege la bornele $a_2\ b_2\ c_2$ o tensiune v_s' diferită ca mărime și poziție de v_s.

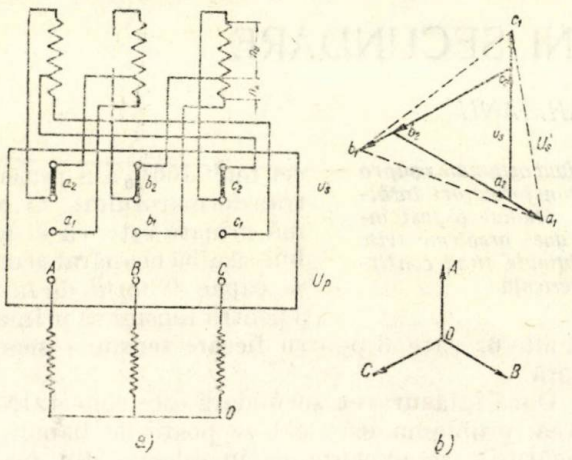


Fig. 2.

In cele ce urmează, ne propunem să determinăm complet sistemul de tensiuni U_s' și v_s'.

Pentru aceasta constatăm mai întâi că raportul între surplusul de spire între prize pe

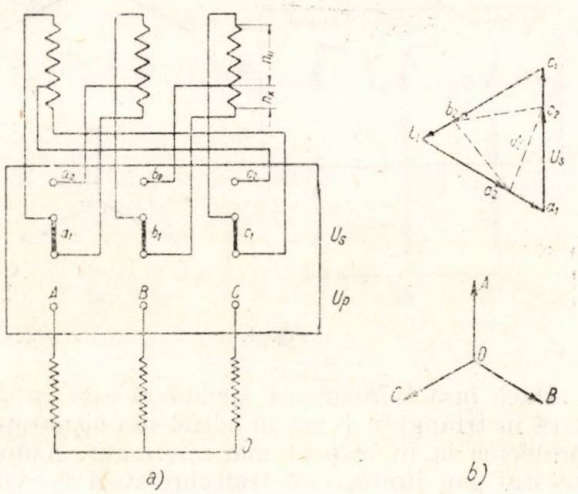


Fig. 3.

fiecare fază: n_x și numărul de spire pe fază corespunzător tensiunii mici secundare: n_u (vezi fig. 2 sau 3) trebue să existe raportul:

$$\frac{n_x}{n_u} = \frac{U_s - u_s}{u_s} = \frac{U_s}{u_s} - 1 = k_u - 1 = k_n \qquad (1)$$

Această relație rezultă din:

$$\frac{U_s}{u_s} = \frac{n_u + n_x}{n_u} = k_u \qquad (2)$$

Determinarea lui U_s'

Am reprodus în fig. 4 o parte a diagramei vectoriale din fig. 2b, scoțând în relief triunghiul oc_1c_2. Am notat cu α unghiul c_1oc_2 care este de fapt unghiul cu care este decalat, în sens trigonometric, sistemul de tensiuni U_s' față de

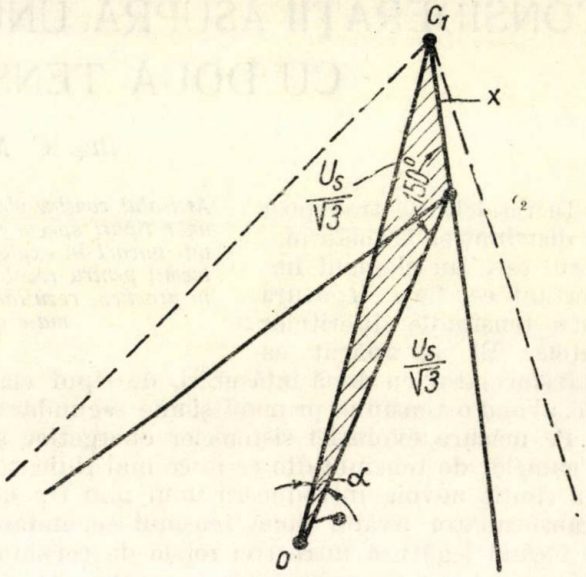


Fig. 4.

sistemul de tensiuni U_s. Notând cu x mărimea vectorului c_1c_2 avem succesiv:

$$oc_1 = \frac{U_s'}{\sqrt{3}}$$

$$oc_2 = \frac{u_s}{\sqrt{3}} \qquad (3)$$

din triunghiul oc_1c_2

$$c_1c_2 = x$$

$$oc_2c_1 = 150°$$

$$\frac{x}{u_s} = \frac{n_x}{n_u} = k_n = k_u - 1 \qquad (4)$$

Proectând pe oc_2 și perpendiculara acesteia:

$$\left.\begin{aligned} oc_1 \cdot \sin\alpha &= c_1c_2 \cdot \sin 30° \\ oc_1 \cdot \cos\alpha &= oc_2 + c_1c_2 \cdot \cos 30° \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

care cu (3) dă:

$$\left.\begin{aligned} 2U_s' \sin\alpha &= x \cdot \sqrt{3} \\ 2U_s' \cos\alpha &= 2v_s + 3x \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

și cu (4) mai departe:

$$\left.\begin{aligned} 2U_s' \sin\alpha &= \sqrt{3}(k_u - 1)\, v_s \\ 2U_s' \cos\alpha &= (3k_u - 1)\, v_s \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Rezolvând acest sistem în U_s' și α obținem:

$$U_s' = v_s \sqrt{3k_u^2 - 3k_u + 1} = U_s \sqrt{3 - \frac{3}{k_u} + \frac{1}{k_u^2}} \qquad (8)$$

$$\alpha = \text{arc tg} \cdot \frac{\sqrt{3}(k_u - 1)}{3k_u - 1} \qquad (9)$$

Sau în funcţie de k_n :

$$U_s' = v_s \sqrt{3k_n^2 + 3k_n + 1} = U_s \frac{\sqrt{3k_n^2 + 3k_n + 1}}{1 + k_n} \quad (10)$$

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3} \cdot k_n}{3k_n + 2} \quad (11)$$

In acest fel U_s' este perfect determinat.

Determinarea lui u_s'

Am reprodus în fig. 5 o parte a diagramei vectoriale din fig. 3b, scoţând în relief triun-

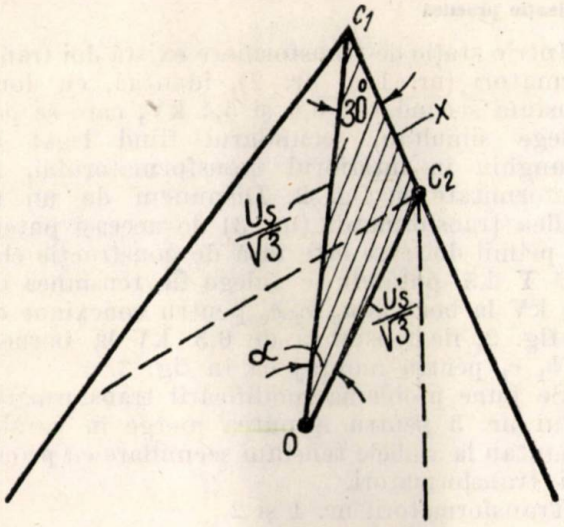


Fig. 5.

ghiul oc_1c_2. Cu aceleaşi notaţii ca la determinarea lui U_s' dar remarcând că de astădată unghiul α cu care este decalat sistemul de tensiuni u_s' faţă de tensiunile U_s este în sensul mişcării acelor unui ceasornic, avem succesiv :

$$oc_1 = \frac{U_s}{\sqrt{3}}$$

$$oc_2 = \frac{u_s'}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

din triunghiul oc_1c_2

$$c_1c_2 = x$$

$$oc_1c_2 = 30°$$

Relaţia (4) rămâne valabilă.

Proectând pe oc_1 şi perpendiculara acesteia :

$$\left.\begin{aligned} oc_2 \cdot \sin\alpha &= c_1c_2 \cdot \sin 30° \\ oc_2 \cdot \cos\alpha &= oc_1 - c_1c_2 \cos 30° \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

care cu (12) dă :

$$\left.\begin{aligned} 2u_s' \sin\alpha &= x\sqrt{3} \\ 2u_s' \cos\alpha &= 2U_s - 3x \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

şi cu (4) mai departe :

$$\left.\begin{aligned} 2u_s' \sin\alpha &= \sqrt{3}(k_u - 1)\, u_s \\ 2u_s' \cos\alpha &= (3 - k_u)\, v_s \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Acest sistem rezolvat în u_s' şi α dă rezultatele :

$$u_s' = v_s \sqrt{k_u^2 - 3k_u + 3} = U_s \sqrt{1 - \frac{3}{k_u} + \frac{3}{k_u^2}} \quad (16)$$

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3}(k_u - 1)}{3 - k_u} \quad (17)$$

sau în funcţie de k_n :

$$u_s' = v_s \sqrt{k_n^2 - k_n + 1} = U_s \frac{\sqrt{k_n^2 - k_n + 1}}{1 + k_n} \quad (18)$$

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3}\, k_n}{2 - k_n} \quad (19)$$

In acest fel am determinat perfect şi pe u_s'

Discuţie.

Pentru a putea interpreta rezultatele, s'au trasat o serie de diagrame în care s'au reprezentat următoarele curbe :

$\frac{U_s'}{u_s} = \sqrt{3k_n^2 + 3k_n + 1}$ (20), dedus din (8) şi

$\frac{U_s}{u_s} = k_n + 1$ (21), dedus din (1) şi (2)

în diagrama din fig. 6

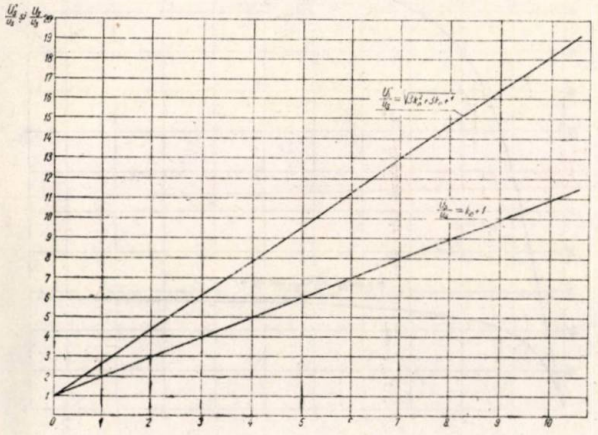


Fig. 6.

$\frac{u_s'}{U_s} = \frac{\sqrt{k_n^2 - k_n + 1}}{k_n + 1}$ (22), dedus din (16) şi

$\frac{u_s}{U_s} = \frac{1}{k_n + 1}$ (23), dedus din (1) şi (2)

în diagrama din fig. 7

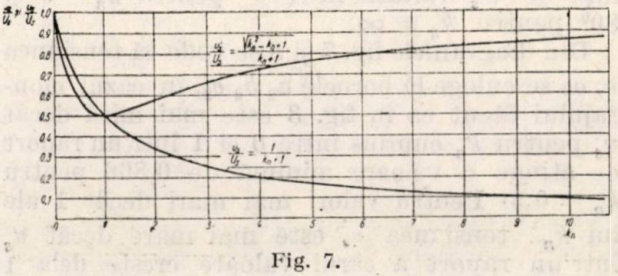


Fig. 7.

$$\frac{U_s'}{U_s} = \frac{\sqrt{3k_n^2 + 3k_n + 1}}{k_n + 1}$$ dedus din (10) și

$$\frac{u_s'}{u_s} = \sqrt{k_n^2 - k_n + 1}$$ dedus din (18)

în diagrama din fig. 8

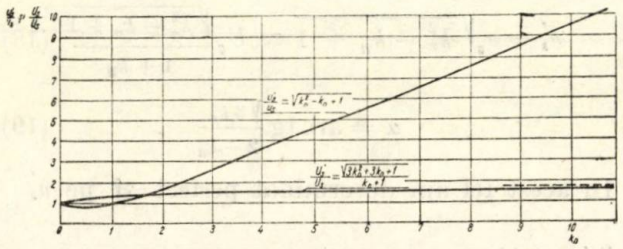


Fig. 8.

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3} \cdot k_n}{3k_n + 2} \quad (11)$$ și

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3} \cdot k_n}{2 - k_n} \quad (19)$$

în diagrama din fig. 9.

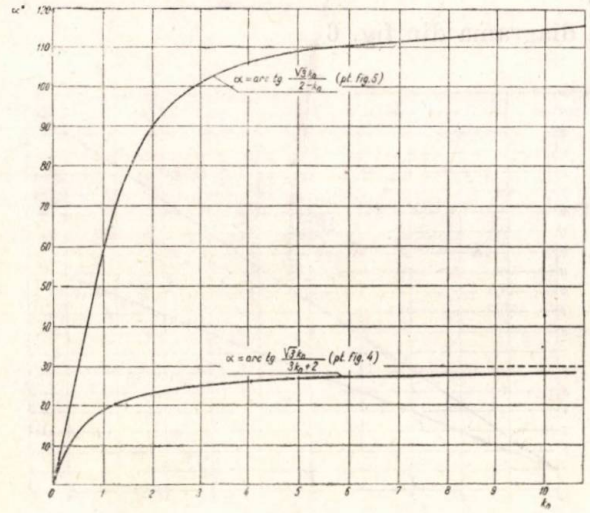


Fig. 9.

Din diagramele fig. 6 și 8 se vede că tensiunea U_s' ce se culege la bornele a_1 b_1 c_1 în cazul montajului făcut în fig. 2, este totdeauna mai mare decât tensiunea U_s într'un raport ce variază între 1 pentru $k_n = 0$ și $\sqrt{3}$ pentru $k_n = \infty$, iar din fig. 9 reese ca unghiul α cu care aceste tensiuni U_s' sunt decalate în sens trigonometric față de U_s variază între 0° pentru $k_n = 0$ și 30° pentru $k_n = \infty$.

Din diagramele fig. 7 și 8 se vede că tensiunea u_s' ce se culege la bornele a_2 b_2 c_2, în cazul montajului făcut ca în fig. 3 este mai mică decât u_s pentru k_n cuprins între 0 și 1 într'un raport ce atinge o valoare minimă de 0,866 pentru $k_n = 0{,}5$. Pentru valori mai mari decât 1 ale lui k_n, tensiunea u_s' este mai mare decât u_s într'un raport a cărui valoare crește dela 1 pentru $k_n = 1$ la ∞ pentru $k_n = \infty$. În privința unghiului α cu care sistemul de tensiuni v_s' este decalat în sensul acelor unui ceasornic față de sistemul v_s, acesta crește dela 0° pentru $k_n = 0$, devine egal cu 30° pentru $k_n = 0{,}5$, cu 60° pentru $k_n = 1$, cu 90° pentru $k_n = 2$ și cu 120° pentru $k_n = \infty$. Observăm că dela valori ale lui k_n mai mari decât 1 înainte, decalajul poate fi considerat în sens invers că scade dela 60° ajungând 0° pentru $k_n = \infty$, cu condiția de a face o permutare a fazelor în sensul acelor unui ceasornic, echivalată cu un decalaj de 120°.

Aplicație practică

Intr'o stație de transformare există doi transformatori (nr. 1 și nr. 2), identici, cu două tensiuni secundare: 6,0 și 5,4 kV, care se pot culege simultan, secundarul fiind legat în triunghiu în interiorul transformatorului, în conformitate cu fig. 2. Dispunem de un al treilea transformator (nr. 3) de aceeași putere cu primii doi care este însă de construcție clasică Y d 5, putându-se culege fie tensiunea de 5,4 kV la bornele a_2 b_2 c_2 pentru conexiune ca în fig. 2, fie tensiunea de 6,3 kV la bornele a_1 b_1 c_1 pentru montaj ca în fig. 3.

Se pune problema modificării transformatorului nr. 3 pentru a putea merge în paralel simultan la ambele tensiuni secundare cu primii doi transformatori.

Transformatorii nr. 1 și 2

$$u_s = 5{,}4 \text{ kV}$$

$$U_s' = 6{,}0 \text{ kV}$$

$$\text{din (10)} \frac{U_s'}{u_s} = \frac{6{,}0}{5{,}4} = 1{,}111 = \sqrt{3k_n^2 + 3k_n + 1},$$

ceeace dă

$$3k_n^2 + 3k_n - 0{,}235 = 0 \text{ care rezolvată dă:}$$

$$k_n = 0{,}0736$$

din (11) avem:

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3} \cdot k_n}{3k_n + 2} = \text{arc tg} \frac{1{,}73 \cdot 0{,}0736}{3 \cdot 0{,}0736 + 2} = 3° 16'$$

Transformatorul nr. 3

$$u_s = 5{,}4 \text{ kV}$$

$$U_s = 6{,}0 \text{ kV}$$

$$\text{din (2)} k_u = \frac{U_s}{u_s} = 1{,}166 \text{ sau cu (1)} k_n = k_u - 1 = 0{,}166$$

pentru legături ca în fig. 2 avem mai departe:

$$\text{din (10)} \quad U_s' = u_s \sqrt{3k_n^2 + 3k_n + 1} =$$

$$= 5{,}4 \sqrt{3 \cdot 0{,}166^2 + 3 \cdot 0{,}166 + 1} = 6{,}81 \text{ kV}$$

din (11) avem:

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3}\, k_n}{3k_n + 2} = \text{arc tg.} \frac{1{,}73 \cdot 0{,}166}{2 + 0{,}166 \cdot 3} = 6°33'30''$$

iar pentru legături ca în fig. 3 avem :

din (18) $v_s' = \frac{\sqrt{k_n^2 - k_n + 1}}{k_n + 1} \cdot U_s =$

$$= \frac{\sqrt{0{,}166^2 - 0{,}166 + 1}}{0{,}166 + 1} \cdot 6{,}3 = 5{,}01 \text{ kV}$$

din (19) $\alpha = \text{arc tg} \frac{\sqrt{3 \cdot k_n}}{2 - k_n} = \text{arc tg} \frac{1{,}73 \cdot 0{,}166}{2 - 0{,}166} = 8°54'$

De aci reese că alimentând în gol toți transformatorii dela aceeași tensiune U_p vom obține :

la transformatorii Nr. 1 și 2 :

tensiunea U_s' egală cu 6 kV și făcând un unghiu de $150° - 3°16' = 146°44'$ cu tensiunea U_p
tensiunea v_s egală cu 5,4 kV și făcând un ungniu de 150° cu tensiunea U_p

la transformatorul nr. 3 :

— în cazul legării ca în fig. 2 :
tensiunea u_s egală cu 5,4 kV și făcând un unghiu de 150° cu tensiunea U_p
tensiunea U_s' egală cu 6,81 kV și făcând un unghiu de $150° - 6°33'30'' = 143°26'30''$ cu tensiunea U_p
— în cazul legării ca în fig. 3 :
tensiunea U_s egală cu 6,3 kV și făcând un unghiu de 150° cu tensiunea U_p
tensiunea v_s' egală cu 5,01 kV și făcând un unghiu de $150° + 8°54' = 158°54'$ cu tensiunea U_p

Analizând posibilitatea funcționării în paralel a celor 3 transformatori rezultă :
— în cazul legării transformatorului nr. 3 ca în fig. 2 :
între tensiunea u_s a transformatorilor nr. 1 și 2 și tensiunea u_s a transformatorului nr. 3 nici o diferență nici ca mărime nici ca unghiu ;
între tensiunea U_s' a transformâtorilor nr. 1 și 2 și tensiunea U_s' a transformatorului nr. 3 o diferență de 0,81 kV ca mărime și un unghiu de 3°17'30'' ;
— în cazul legării transformatorului nr. 3 ca în fig. 3 între tensiunea u_s' a transformatorului nr. 3 o diferență de 0,39 kV și un unghiu de 8°54' ;
între tensiunea U_s' a transformatorilor nr. 1 și 2 și tensiunea U_s' a transformatorului nr. 3 o diferență de 0,3 kV ca mărime de 12°10', ca unghiu.

Apare ca evident mai favorabilă legarea transformatorului nr. 3 ca în fig. 2 și lăsându-se neschimbat numărul de spire n_u (deoarece tensiunea v_s este corectă) să se modifice numărul de spire n_x în altul n_x' așa ca tensiunea U_s' să devină egală cu tensiunea U_s' a trasformatorilor 1 și 2 atât în mărime cât și în fază. Se cere deci noul raport $k_n' = \frac{n_x'}{n_u}$

Avem din relația (8)

$$\sqrt{3k_n'^2 + 3k_n' + 1} = \frac{U_s'}{u_s} = \frac{6{,}0}{5{,}4} = 1{,}11$$

$3k_n'^2 + 3k_n' + 1 = 1{,}235$, care rezolvată dă :

$$k_n' = \frac{-3 \pm 3{,}442}{6}$$

Alegem soluția pozitivă : $k_n' = 0{,}0736$

Deci raportul $k_n = \frac{n_x}{n_u} = 0{,}166$ trebue schimbat în

$$k_n' = \frac{n_x'}{n_u} = 0{,}0736 \quad \text{sau} \quad n_x' = \frac{0{,}0736}{0{,}166} n_x = 0{,}444 \cdot n_x$$

Va trebui deci extras un număr de 55,6 % din numărul de spire n_x.

Efectuând aceasta operație în realitate, s'a reușit funcționarea în paralel a celor trei transformatori în perfecte condițiuni (și reactanțele de scurtcircuit erau de același ordin de mărime).

★

СООБРАЖЕНИЯ О ТРАНСФОРМАТОРЕ С ДВУМЯ ВТОРИЧНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

Резюме

Статья содержит оригинальные замечания о некоторых типах встречающихся иногда в эксплоатации трансформаторов.

Работа была проведена для решения некоторых вопросов появившихся в практике ; полученные результаты были подтверждены измерениями.

PROBLEME DE PLANIFICARE ȘI ORGANIZARE LA CONSTRUCȚIILE DE CENTRALE ELECTRICE ÎN U.R.S.S.

Succesul construirii marilor centrale termoelectrice și hidroelectrice din U.R.S.S. este legat în mare măsură de buna organizare și desfășurare a lucrului pe șantier.

Această problemă a preocupat Guvernul Sovietic și Comitetul Central al P.C.U.S. care încă în anul 1936 a dat o hotărîre cu privire la organizarea muncii pe șantier cu scopul de a se realiza accelerarea construcțiilor și ieftenirea costului acestora.

In această hotărîre pentru buna organizare a lucrărilor de construcții se preconiza:

a) mecanizarea maximă a lucrărilor de construcție;

b) desvoltarea industriei de construcții;

c) crearea de puternice întreprinderi de construcții specializate care să poseadă o bază materială tehnică proprie și care să concentreze specialiștii cei mai buni din domeniul respectiv;

d) lichidarea sistemului de efectuare a lucrărilor de construcții doar în anotimpurile „favorabile" și trecerea la sistemul de lucru continuu, în tot timpul anului;

e) crearea unor cadre constante de constructori.

Ca un rezultat al măsurilor pozitive luate în domeniul organizării șantierelor de construcții, a introducerii de metode moderne de lucru de mare productivitate și a îmbunătățirii proiectelor, în Hotărîrea Guvernului Uniunii Sovietice din 9 Mai 1950 se stabilește micșorarea costului construcțiilor cu 25%.

In ceeace privește centralele electrice, progresele în domeniul lucrărilor de construcții și montaj au permis să se reducă foarte mult timpul de punere în funcțiune.

In cadrul acestui articol se examinează — în lumina experienței sovietice — în ce măsură buna organizare a lucrărilor de construcție și montaj influențează durata, costul și calitatea construcției de centrale electrice precum și metodele folosite de energeticii sovietici în rezolvarea problemelor de organizare a construcțiilor de centrale.

Condițiunile unei bune organizări a construcției sunt create de însăși proectul lucrării respective.

Proectul trebue să aibe în mod permanent în vedere ca dispoziția clădirilor și instalațiilor să creeze posibilitatea unei bune organizări a lucrărilor de șantier.

In acest scop este necesar ca fiecare fază a proectului (sarcină de proectare, proect tehnic) să conțină o parte specială referitoare la organizarea șantierului.

Aceste proecte de organizare a șantierului au fost introduse cu un deosebit succes în U.R.S.S., între anii 1948 și 1949.

In Uniunea Sovietică proectul de organizare a șantierului începe prin determinarea condițiilor generale de organizare a construcției.

Problemele se precizează în sarcina de proectare în urma studiului proectului părții tehnologice, pe baza comparării felului în care au fost efectuate construcții similare, pe baza studierii regiunii și a posibilităților șantierului. Aceste probleme de bază în ceeace privește organizarea construcției trebue să cuprindă:

a) o scurtă caracterizare a regiunii în care se va face construcția, o caracteristică a căilor de comunicație existente, a rețelei energetice, a conductelor de apă, a întreprinderilor și a materialelor de construcții locale precum și a felului în care acestea pot fi folosite pentru nevoile construcției;

b) termenele de dare în exploatare a agregatelor principale și termenele de efectuare a lucrărilor de construcție și montaj;

c) date aproximative în legătură cu necesitățile de finanțare a construcției, în legătură cu volumul lucrărilor, cu forțele de muncă necesare și o planificare aproximativă a desvoltării construcției pe ani;

d) date aproximative privind materialele de construcție necesare, semifabricatele și alte diferite articole (cu repartizarea respectivă pe ani);

e) posibilitățile de satisfacere a cererilor de materiale de construcție, de semifabricate, etc.;

f) numărul aproximativ și volumul construcțiilor provizorii auxiliare, al depozitelor și al construcțiilor sociale;

g) principiile care vor sta la baza organizării șantierului;

h) planul calendaristic aproximativ al construcției;

i) schițele de dispoziție generală a amplasamentului cu indicarea repartizării tuturor elementelor construcției.

Pe baza acestor date stabilite (în general în comparație cu construcții similare), se pornește la alcătuirea proectului tehnic pe de o parte și la lucrările de pregătire propriu zise a șantierului pe de alta.

In măsura în care se elaborează proectul tehnic, trebue stabilite și măsurile preliminare în ceeace privește pregătirea șantierului.

In lucrările pregătitoare de șantier sunt cuprinse: crearea căilor de comunicație (șosele, căi ferate etc.) construirea liniei de transport

de energie pentru nevoile construcției, a conductei de apă, construirea locuințelor pentru muncitori, a construcțiilor auxiliare, aducerea materialelor și utilajului de construcție (necesare încă din primele zile ale construcției).

Proectul tehnic de organizare a lucrărilor de construcție propriu zise se alcătuește tot de întreprinderea de proectare, odată cu proectul tehnic al întregii lucrări și se pune de acord cu întreprinderea de construcție.

Proectul de organizare a șantierului se alcătuește ca o parte separată a proectului tehnic al centralei electrice. El are ca scop să stabilească : ordinea de desfășurare a lucrărilor, termenele de începere și terminare a fiecăreui obiect mai important și a fiecărei grupe de obiecte de mai mică importanță, organizarea terenului de construcție, metodele de efecuare a lucrărilor, unde și cum se vor mecaniza lucrările, cantitatea de mașini și materiale necesare, forța de muncă necesară, etc.

Proectul de organizare a șantierului se compune din :

a) problemele generale ale organizării construcției ;

b) organizarea lucrărilor de construcție propriu zise ;

c) organizarea montajului aparaturii mecanice;

d) organizarea montajului aparaturii electrice.

Conform normelor în vigoare în U.R.S.S., problemele generale ale organizării șantierului cuprind :

1. Memoriul explicativ în care se dau : *a*) caracteristica și particularitățile efectuării lucrărilor ; *b*) motivarea și explicarea ordinei alese pentru procesul de desfășurare a construcției și a termenelor construcției (în întregime și pe obiecte) precum și planul de finanțare pe ani ; *c*) necesitățile totale de energie electrică, termică, aer comprimat și oxigen și posibilitățile de acoperire a acestor necesități ; *d*) organizarea transportului, *e*) numărul și volumul clădirilor provizorii (de locuit și social-administrative).

2. Planul calendaristic în care se dă termenul de îndeplinire a lucrărilor pregătitoare, termenele de început și terminare a lucrărilor de construcție și montaj a elementelor mai importante, termene de dare în exploatare a agregatelor principale și graficul de folosire a forței de muncă.

3. Planurile generale ale șantierului, ale construcțiilor provizorii și definitive, pe care se indică toate construcțiile auxiliare proectate pentru necesitățile centralei. Pe aceste planuri generale se indică toate căile ferate și auto, liniile electrice, conductele de apă, gaz și aer și conductele de termoficare.

4. Planul de situație al regiunii construcției cu indicarea întreprinderilor auxiliare create pentru nevoile centralei, a carierei de piatră, a fabricei de ciment, etc. a coloniilor de locuit.

Proectul de organizare pentru lucrările de construcție, de montaj mecanic și electric, mai cuprinde următoarele :

a) o caracterizare a lucrărilor și volumului lor ;

b) o scurtă explicare din punct de vedere tehnic și economic a metodelor care s'au ales pentru efectuarea lucrărilor ;

c) materialele, sculele, mașinile neecsare pentru efectuarea lucrărilor ;

d) transportul materialelor și necesitățile de manipulare ;

e) nevoile de energie electrică, apă, gaz pentru efectuarea lucrărilor ;

f) forțele de muncă necesare ;

g) plan calendaristic de efectuare a lucrărilor ;

h) plan calendaristic de aprovizionare cu materiale de construcție ;

i) plan calendaristic de sosire pe șantier a echipamentului care urmează a se monta conform proectului ;

j) numărul și felul întreprinderilor auxiliare (ateliere, fabrici, etc.) ;

k) numărul și volumul depozitelor.

In organizarea lucrărilor de construcție și montaj trebue să se folosească la maximum posibilitățile de coordonare și suprapunere în timp a lucrărilor de construcție și montaj, de folosire a acelorași mecanisme și mașini pentru toate lucrările care se îndeplinesc în același timp (în limita posibilităților).

Trebue să se alcătuiască un plan calendaristic și un grafic precis de efectuare a lucrărilor, astfel încât lucrările de montaj să poată începe înainte de terminarea lucrărilor de construcție și în felul acesta să se poată ajunge la o micșorare a timpului de construcție.

Folosirea metodelor moderne de construcție cu elemente de beton prefabricat, suprapunerea lucrărilor de montaj peste lucrările de construcție, este condiționată de folosirea de utilaj mecanizat modern și în special de mașini de ridicat potrivite.

Pe baza proectului tehnic și pe baza proectului de organizare a lucrărilor, întreprinderile de construcție și montaj alcătuesc planuri detaiate de execuție și graficele de organizare a lucrărilor pe săptămâni și zile.

Aceste planuri de efectuare a lucrărîlor sunt îndreptarul după care se desfășoară lucrările zi de zi. Ele trebuesc întocmite înainte cu câtva timp de începerea lucrărilor respective. Aceste grafice țin seamă de condițiile de muncă de fiecare zi și sunt o aplicare în timp a proectului general de organizare. Graficele de efectuare a lucrărilor se pot stabili pe obiecte, pe un anumit fel de muncă, pe grupe de elemente și evident în timp.

In trecut, în practica construcțiilor, nu se folosea organizarea și planificarea din timp a lucrărilor. Organizarea lucrărilor se făcea pe șantier de către conducerea șantierului și era cu totul subordonată proectului tehnic.

În prezent, construcția unei centrale electrice este legată de desvoltarea și activitatea întregii regiuni.

Dacă prin construirea centralei se poate contribui la desvoltarea unei industrii locale de materiale de construcție, în regiunea construcției dacă se scurtează distanțele de transport a materialelor, dacă organizând din timp desfășurarea lucrărilor se prevăd greutățile și strangulările, dacă se asigură mecanizarea lucrărilor grele, se crează într'adevăr posibilitatea efectuării construcției în timp scurt, bine și ieftin.

Practica construcțiilor de centrale electrice a dovedit că lucrările de pregătire a șantierului e bine să se înceapă cu cel puțin 6 luni înainte de începerea lucrărilor propriu zise. In decursul acestei perioade de 6 luni, trebue rezolvate următoarele probleme : transportul până la șantier (căi ferate și drumuri pentru mașini și căruțe), locuințe pentru muncitori, depozite pentru primele transporturi de materiale și mecanisme, crearea de ateliere și de alte unități tehnico-industriale, crearea unui aparat administrativ-economic și angajarea primului lot de muncitori.

In ceeace privește crearea posibilităților de cazare a muncitorilor și crearea de construcții social administrative etc. trebue avut în vedere că 40—45% din totalul acestor lucrări trebue să fie terminate în perioada lucrărilor de pregătire.

Este de preferat ca locuințele să fie construite astfel ca după terminarea construcției să mai poată fi folosite și în alte locuri.

Construcția unităților industriale auxiliare trebue să fie coordonată cu volumul lucrărilor și cu posibilitățile de transport : Unitățile tehnico-industriale trebuesc repartizate pe șantier astfel, încât să se folosească la maximum căile ferate și drumurile definitive și să se țină seamă de ordinea construirii lor.

Teritoriul șantierului trebue împărțit în mod precis între diferitele întreprinderi care participă la construcție ; delimitarea porțiunilor de teren pentru anumite operații de construcție sau montaj duce totdeauna la o mai bună folosire a teritoriului șantierului. In general, trebue căutat ca teritoriul șantierului să fie cât mai mult posibil eliberat de construcții auxiliare.

Construirea întreprinderilor industriale auxiliare în afara incintei propriu-zise a centralei electrice crează posibilitatea ca ele să fie mai ușor folosite și pentru nevoile altor construcții.

O altă problemă care trebue studiată atent și rezolvată atât în proectul de organizare cât și în cadrul planurilor de execuție a lucrărilor este alimentarea cu materiale a șantierului. Este necesar ca fiecare agregat care urmează să fie montat să găsească pe șantier cu 1—2 luni înainte de începerea montajului. Deasemenea diferitele materiale de construcție, aparatele care urmează să fie montate, instrumentele etc., trebue aduse din timp pe șantier. Întârzierea lor aduce după sine neîndeplinirea planurilor.

Asigurarea alimentării cu energie electrică și apă a șantierului este deasemenea de aceeași importanță.

Operațiile de transport, de încărcare, descărcare și depozitare cer, din punctul de vedere al efortului necesar de depus, aproape jumătate din forța de muncă necesară pentru toate lucrările de construcție și montaj. Deaceea organizarea rațională a transportului și a operațiilor de încărcare, descărcare și depozitare duce la accelerarea și ieftenirea construcției precum și la micșorarea efortului necesar pentru îndeplinirea lucrărilor.

In organizarea acestor operații trebue prevăzute următoarele :

a) folosirea maximă, pentru nevoile construcției, a căilor ferate, a clădirilor și a depozitelor definitive ;

b) micșorarea la maximum a căilor de comunicație și a depozitelor provizorii ;

c) construirea în timp a clădirilor și căilor ferate definitive, astfel încât să servească pe tot timpul construcției ;

d) mecanizarea cât mai înaintată a lucrărilor de încărcare și descărcare ;

e) folosirea pentru depozitele provizorii, a construcțiilor din prefabricate, demontabile.

De aceeași importanță ca și toate problemele amintite mai sus este obținerea și aducerea la timp pe șantier a documentației tehnice necesare desvoltării construcției.

Proectul tehnic, proectul de organizare a lucrărilor, situațiile și tabelele financiare, desenele de montare cât și planurile de execuție a lucrărilor trebue să fie la timp pe șantier, în general cu o lună de zile înainte de începutul lucrărilor la obiectul respectiv. Personalul angajat la lucrările de construcție și montaj, atât tehnicienii cât și muncitorii, trebue nu numai să cunoască perfect proectul tehnic și să lucreze conform desenelor ci trebue să le și verifice în însăși procesul de construcție și montaj.

De mare importanță în desfășurarea lucrărilor e problema organizării forțelor de muncă.

Organizarea și planificarea atentă a lucrărilor poate duce la prevederea exactă a forțelor de muncă necesare construcției. Angajarea muncitorilor trebue să aibă ca principiu aducerea unui număr de muncitori de bază, bine calificați în jurul cărora să poată lucra muncitori cu o calificare mai scăzută sau necalificați, angajați din regiunea șantierului, și cari să se califice pe locul de muncă.

In general, întreprinderea de construcție, care ia în antrepriză lucrarea, dispune de un număr de muncitori pe care îi poate transfera conform necesității dela o construcție la alta.

Asigurarea unor condiții optime de muncă și trai pentru muncitori și familiile lor duce la evitarea fluctuațiilor de pe șantier și asigură îndeplinirea la termen a lucrărilor.

Trebue subliniată importanța organizării pe șantier a școlilor de ridicare a calificării, de

însușire a metodelor stahanoviste de lucru precum și a școlilor politice. Astfel de școli pot duce foarte curând la ridicarea calității muncii pe șantier și pe de altă parte pot înlocui cadrele de muncitori bine calificați, transferați temporar pe șantier. In conducerea și îndrumarea acestor școli trebue antrenat personalul tehnic superior și muncitorii stahanoviști.

Legată de organizarea forțelor de muncă este organizarea condițiilor de mărire a productivității muncii. Pe această linie de mare importanță este organizarea procesului de execuție a lucrărilor și normarea tehnică. Deasemenea planurile de execuție a lucrărilor trebue astfel repartizate încât ele să ajungă la forma de planuri de muncă pe brigăzi, pe zile sau pe câteva zile.

Experiența sovietică arată că se obține o îmbunătățire a productivității muncii dacă pe șantier se creează brigăzi complexe de lucru, pe obiecte. Brigada unește muncitori de diferite specialități pentru îndeplinirea unei construcții în întregime.

Munca membrilor brigăzii la diferitele operații se execută uneori consecutiv alteori simultan. In acest fel, munca este legată și nu permite nici unui muncitor să rămână în urmă deoarece prin aceasta ar întârzia pe ceilalți tovarăși din brigadă. Ritmul accelerat al unora din muncitorii de anumită specialitate imprimă un ritm similar în munca celorlalți muncitori.

Munca brigăzilor la diferitele obiecte ale unui șantier trebue coordonată cu ajutorul graficului de lucru al șantierului. Este bine ca pe șantier să se atace simultan cât mai multe obiecte în paralel, ceeace crează un front de lucru pe mai multe brigăzi și scurtează simțitor timpii necesari pentru execuție.

Suprapunerea lucrărilor de montaj peste cele de construcție este azi o directivă de bază în construcțiile energetice din U.R.S.S. Astfel, se preconizează ridicarea scheletului metalic al cazanului înaintea terminării sălii cazanelor așa încât scheletul să servească drept suport și schelă pentru lucrările de construcție.

In legătură cu organizarea forțelor de muncă, trebue accentuată importanța întrecerei socialiste, a mișcării stahanoviste, a inovațiilor și raționalizărilor. Toate acestea contribue într'un grad foarte important la creșterea productivității muncii, la îndeplinirea planurilor construcției.

In timpul desfășurării construcției, un mare rol pe linia organizării juste a operațiilor de lucru îi revine personalului tehnico-administrativ al construcției, care trebue să controleze felul în care decurge organizarea și efectuarea lucrărilor, să alcătuiască planurile de muncă de zi cu zi, pe brigăzi și unități mai mari. Ei au posibilitatea să prevadă unele abateri necesare dela proectul de organizare al construcției, să ia măsurile cuvenite în cazul producerii unor întârzieri obiective față de plan sau apariției necesității de a modifica planul dela o zi la alta.

Personalul tehnico-administrativ răspunde de îndeplinirea lucrărilor de construcție conform proectului și trebue să verifice în mod permanent calitatea lucrului și îndeplinirea condițiilor și prescripțiilor din caetele de sarcini. Rolul organizației de Partid și a organizațiilor de masă în antrenarea colectivului șantierului la îndeplinirea și depășirea planului de producție, este de prim ordin, pe șantier.

Buna organizare a lucrărilor de construcție și montaj a centralelor electrice este un factor hotărîtor în scurtarea duratei de instalare, în reducerea costului lucrărilor și în ridicarea calității lor.

Experiența sovietică din acest domeniu arată grăitor că, alături de mecanizarea maximă a lucrărilor pe baza folosirii tehnicei celei mai avansate și alături de continua industrializare a elementelor constructive, buna organizare reprezintă o forță de mare importanță pentru realizarea sarcinilor de plan înainte de termen.

DORIAN DOREL
student Institutul Politehnic
Kiev

Bibliografie

1. Ministerul Centralelor Electrice al U.R.S.S. : Instrucțiuni în legătură cu proectul de organizare a construcțiilor de centrale
2. *Nerovelchi A. I.* : Organizarea, planificarea și economia construcției.
3. *Pentcovschi N. I.* : și *Smirnov B. V.* : Organizația și economia construcției.
4. *Bondariov* : Problemele de mecanizare și de construcție rapidă.
5. *Kamenițer* : Organizarea și planificarea unei întreprinderi industriale socialiste.
6. *Grigoriev* : Organizarea muncii și a salarizării în industria U.R.S.S.

(Articole publicate în 1947-2952 în revistele sovietice „Centrale Electrice" și „Muncitorul energetic").

PRIVIRE ASUPRA DESVOLTĂRII HIDROENERGETICII SOVIETICE, PÂNĂ LA MARILE CONSTRUCȚII ALE COMUNISMULUI

In cadrul desvoltării uriașe a energeticii sovietice, se va expune, în articolul de față, desvoltarea hidroenergeticii în U.R.S.S., dat fiind că o cunoaștere justă a dinamicii marilor lucrări hidroenergetice în curs de desfășurare în Uniunea Sovietică este posibilă numai dacă se consideră desvoltarea hidroenergeticii cu începere dela Marea Revoluție Socialistă din Octombrie.

Această cunoaștere, care cere o analiză a condițiilor în care au fost realizate primele construcții hidroenergetice, poate fi făcută după criterii și prin metode diferite : fie analizând prevederile hidroenergetice din planurile cincinale staliniste și urmărind dinamica realizărilor corespunzătoare ; fie urmărind cronologic desvoltarea hidroenergeticii sovietice și făcând câte o analiză de adâncime în anumite puncte de reper ale desvoltării acesteia, dela primele construcții din zorile statului sovietic și până la marîle construcții ale comunismului.

Marile construcții ale comunismului, care se realizează în acest cincinal — Canalul navigabil Volga-Don „V. I. Lenin" a intrat în funcție în vara anului 1952 — și în anii ce vor urma, sunt o traducere în viață a concepțiilor lui Lenin și Stalin despre electrificare și despre energetică în general.

Aceste concepții se regăsesc în toată dinamica energeticii sovietice : rădăcinile lor principiale și aplicate se găsesc în realizările din epoca începuturilor electrificării sovietice, imediat după Marea Revoluție Socialistă din Octombrie, iar desvoltarea se poate urmări din epoca planului GOELRO și a măreților cincinale staliniste, până în toamna anului 1950, când au fost luate istoricile hotărîri ale Partidului Comunist și ale Guvernului Sovietic, privind mărețele construcții ale comunismului, dată dela care începe pentru energetica sovietică o etapă nouă, etapa energeticii comuniste iar pentru hidroenergetica sovietică, epoca marilor construcții ale comunismului.

Energetica Rusiei țariste se afla într'un stadiu cu totul înapoiat.

In vastele regiuni care posedă astăzi sisteme electrice foarte desvoltate, printre cele mai mari din Europa, se aflau înainte de 1917 instalații electrice mici și descentralizate, având un randament extrem de scăzut chiar pentru acea epocă.

Această grea moștenire nu concorda cu gândirea științifică și tehnică rusă, desvoltată chiar în epocile vitrege ale țarismului. Știința rusă a înregistrat un șir de succese teoretice, descoperiri și invenții tehnice de importanță și interes general, recunoscute ca atare și adoptate în toată lumea.

Utilajul tehnic al industriei ruse, în general, și baza energetică a desvoltării tehnico-industriale în deosebi, erau în Rusia extrem de primitive, industria fiind avizată la importarea de mașini vechi și depășite, din Apus.

Pe lângă dezinteresul pentru tehnica avansată, era caracteristic pentru regimul burghezo-feudal țarist al Rusiei și neglijarea resurselor energetice ale țări, aceasta reflectându-se, în mare parte, și în faptul că uriașele bogății în căderi de apă nu erau deloc folosite — cifra de 490 kW putere instalată în centralele hidroelectrice în anul 1917 fiind cu totul derizorie pentru un stat atât de mare și cu ape atât de bogate.

Pentru a da o bază tehnică construirii socialismului, potrivit principiului că electrificarea trebue să meargă cu un pas înaintea industrializării, Lenin și Stalin au pornit la electrificarea țării sovietelor. In epoca eroică a întemeierii Statului Sovietic au luat naștere prin efortul constructorilor socialismului primele centrale hidroelectrice.

In cele mai grele condițiuni politice și economice a fost creat în primăvara anului 1918, din inițiativa lui Lenin, Comitetul Constructorilor de Stat. In fața acestuia s'a pus problema de a pregăti și realiza construcția unei centrale hidroelectrice pe râul Volhov, pentru care exista încă din 1910 un proiect al lui G. O. Graftio, proiect neluat în seamă de regimul țarist.

Lenin a arătat un interes deosebit pentru acest proiect și a dat personal instrucțiuni pentru a se trece deîndată la realizarea lui.

Direcția lucrărilor dela Volhov, creată special în acest scop, a început imediat lucrările pregătitoare. In aceeași epocă s'au început și studiile pentru proiectarea unei centrale hidroelectrice pe Nijnii Svir (Svirul Inferior).

* * *

Condițiile în care au fost începute aceste lucrări nu erau dintre cele mai favorabile. Nu se dispunea de suficiente mijloace tehnico-materiale și de un număr suficient de oameni specializați pentru ambele construcții. A trebuit deci să se concentreze toate eforturile mai întâi asupra unuia din aceste două obiective.

Deaceea construcția depe Svir a fost oprită temporar iar toate mijloacele au fost folosite

pentru construcția centralei hidroelectrice depe Volhov unde condițiile de teren permiteau o folosire mai eficientă a mijloacelor tehnice și a oamenilor disponibili în acea epocă.

Construcția hidrocentralei depe Volhov constituia în acea epocă nu numai un început concret de realizare a unei gospodării energetice în țara sovietelor dar în același timp și un exemplu grăitor de electrificare, de reconstrucție tehnică și de mers înainte spre socialism.

Lucrările de construcție erau foarte slab mecanizate, fapt explicabil dacă se ține seama că în 1918 industria constructoare de mașini își concentra toate eforturile pentru a deservi eroica Armată Roșie ce lupta împotriva intervenționiștilor străini și a contrarevoluționarilor din lăuntru.

Centrala hidroelectrică depe Volhov cuprinde un baraj deversor închis, clădirea uzinei și ecluzele. Lungimea barajului deversor atinge 213 m iar înălțimea dela bază și până la creastă 18 m. Căderea de apă era de 12 m, la un debit de 580 m^3/s. Fundul fluviului era căptușit, pe o distanță de 17 m, cu planșeu de beton. In afara barajului deversor, existau dispozitive cu stăvilar cu două deschideri de câte 9 m fiecare, care se închideau cu panouri glisante.

Primul din cele 8 grupuri turbogeneratoare ale centralei hidroelectrice depe Volhov a început a furniza curent în toamna anului 1926. Începută sub îndrumarea lui Lenin, centrala hidroelectrică depe Volhov a fost terminată cu succes prin grija lui Stalin, marele continuator al operei lui Lenin, la 2 ani și jumătate dela moartea acestuia.

Inaugurată la 19 Decembrie 1926, centrala hidroelectrică de pe Volhov avea o putere de 56 000 kW. Această cifră, astăzi mică în valoare absolută, apare însă în valoarea ei adevărată prin comparație cu stadiul energetic al Rusiei prerevoluționare, în care puterea medie a centralelor electrice era de circa 1400 kW și unde nu exista înainte de 1917 decât o singură centrală (termoelectrică) de 50.000 kW.

Energia electrică produsă la Volhov era transportată la Leningrad la o tensiune de 100 kV printr'o linie dublă de transport lungă de 120 km. La prima stație de coborîre tensiunea era redusă la 35 kV, iar în stațiile următoare la 6600 și 2200 V.

Producția anuală a centralei hidroelectrice de pe Volhov se cifra la 256 milioane kWh, pe când în 1916 producția maximă totală a 4 centrale publice și 102 centrale industriale, care alimentau Petrogradul atingea cifra de 436 milioane kWh, puterea lor totală fiind 193 MW.

Intreaga putere a mașinilor centralei hidroelectrice de pe Volhov era folosită 5 500 ore anual, ceeace depășea de 1,5...2 ori indicii medii ai centralelor electrice din Apus, construite chiar mai târziu decât centrala de pe Volhov.

Incă în anul 1927—1928, centrala hidroelectrică de pe Volhov, a dat Leningradului jumătate din energia electrică totală furnizată orașului de toate celelalte centrale electrice, care-l alimentau. Centrala de pe Volhov a permis construirea întregii gospodării de energie electrică a Leningradului, creindu-se în oraș și în suburbane un sistem energetic unic.

La centrala hidroelectrică de pe Volhov prețul de cost pe kW instalat a fost de 2100 ruble iar investițiile pentru 1 kWh pe un an se ridica la 40 copeici.

Prețul curentului era de 1,3 copeici pe kWh față de 5 copeici cât costa energia furnizată de centralele termoelectrice din Leningrad.

La începutul Marelui Război al U.R.S.S. pentru Apărarea Patriei, când fasciștii au încercat să distrugă Leningradul printr'o blocadă barbară și când o serie de centrale electrice care alimentau orașul au fost distruse, centrala hidroelectrică de pe Volhov a fost de multe ori singurul furnizor de energie electrică pentru industria Leningradului.

Incercările aviației dușmane de a scoate din funcție centrala prin bombardament au eșuat, energia produsă fiind transportată cu ajutorul unui cablu submarin întins pe fundul lacului Ladoga.

Ecluza construită lângă barajul centralei hidroelectrice și vastul lac de acumulare au îmbunătățit navigația pe fluviul Volhov.

Construcția centralei de pe Volhov a fost un exemplu de rezolvare complexă a unei serii de probleme economice socialiste, cuprinzând atât pe cele energetice cât și pe cele hidrotehnice de transport, etc. In același timp construcția de pe Volhov a devenit și prima școală practică de constructori hidroenergetici din U.R.S.S.

Pe șantierul dela Volhov a crescut și s'a desvoltat un puternic colectiv de ingineri și tehnicieni în frunte cu inginerul Graftio. Cunoștințele, disciplina, îndemânarea, rezolvarea rapidă și justă a problemelor tehnice ce li se puneau în față au făcut ca inginerii sovietici crescuți pe acest șantier să poată să lucreze mai departe la realizarea celorlalte mari construcții hidrotehnice.

O parte din colectivul constructorilor de pe Volhov în frunte cu inginerul Boris Evghenovici Vedeneev a fost trimeasă la construirea centralei hidroelectrice de pe Nipru, iar mai târziu academicianul Graftio, după ce a terminat lucrările depe Volhov, a trecut la conducerea construcției centralei hidroelectrice de pe Svirul inferior.

Centrala hidroelectrică de pe Volhov începută în 1918 a fost inclusă în 1920 în numărul de 30 centrale hidroelectrice principale cuprinse în planul GOELRO, Volhov fiind prima din cele 10 hidrocentrale a căror construcție trebuia începută imediat.

La 2 ani după începerea construcției de pe Volhov, în 1920, în plin război civil, foamete, epidemii și desorganizare economică, Lenin a pus problema unui plan de perspectivă pentru electrificarea țării.

La 7 Februarie 1920, a fost creată Comisiunea de Stat pentru electrificarea Rusiei compusă

din peste 100 de savanți, ingineri, economiști și activiști de partid, iar la 22 Decembrie 1920 la Congresul al VIII-lea al Sovietelor a fost prezentat Planul de electrificare al R.S.F.S.R. (prescurtat Planul GOELRO).

GOELRO, plan de alăctuire și desvoltare a economiei socialiste în Statul Sovietic, pe bazele celei mai noi și înaintate tehnici, pe baza electrificării, a fost expresia ideilor leniniste de desvoltare rapidă, amplă și multilaterală a forțelor de producție ale țării: industria grea, transportul, agricultura, etc. Aceste idei au început a fi traduse în practică în scurtă vreme și au căpătat o desvoltare strălucită în anii Cincinalelor staliniste.

Planul GOELRO a fost alcătuit din două părți distincte:

In partea întâia, se trasa sarcina de a se reconstrui, reechipa și interconecta centralele electrice existente pe atunci și mai ales cele din regiunea centrală (Moscova, Petrograd, Donbas); se exprimă deasemenea și ideea electrificării căilor ferate și se trasa sarcina măririi producției de energie electrică cu 80—100% față de perioada antebelică.

In partea a 2-a se trasa sarcina construirii în 10—15 ani a 30 de centrale electrice mari, de importanță raională, din care 20 centrale termoelectrice și 10 centrale hidroelectrice, cu o putere totală instalată de 1.750.000 kW.

Planul GOELRO cerea o largă folosire a combustibililor locali și a resurselor hidroenergetice, precum și amplasarea centralelor electrice în așa fel încât să se asigure o desvoltare uniformă a forțelor de producție în principalele regiuni ale Țării Sovietelor.

In 1920, în grelele condițiuni interne menționate și în condițiunile externe agravate prin blocada economică și încercuirea capitalistă, când producția de energie care fusese în anul 1913 de 1,6 miliarde kWh ajunsese la 0,5 miliarde kWh, concepția revoluționară a Planului GOLERO reese din obiectivul ce și-a propus și din sarcinile trasate, de a produce 8,8 miliarde kWh anual.

Prezentat la Congresul al VIII-lea (1920) și aprobat de congresul al IX-lea al Sovietelor (Decembrie 1921), Planul GOELRO a intrat în faza de realizare practică abia în 1923—1924, din cauza situației economice a Țării Sovietelor.

Foarte curând au început să se arate primele rezultate. In 1925, Uniunea Sovietică avea centrale electrice de putere instalată de 1.397.000 kW și producea 2.925.000.000 kWh, depășind astfel aproape de 2 ori nivelul din 1913.

In anul 1931, Planul GOELRO stabilit pentru maximum 15 ani, era cu mult depășit, în întregul lui.

Realizările în cadrul planului GOELRO au început cu marile hidrocentrale Zemo-Avceal depe fluviul Kura (1922), dela Kondopojde, pe râul Suna (1923), dela Bog-Su (1923), Adjari-Gruzia (1924), și au continuat cu contrala hidroelectrică de pe Volhov (1926) și de pe Svir.

Un loc de frunte în istoria marilor construcții hidroenergetice sovietice și mondiale îl ocupă centrala hidroelectrică depe râul *Svir*.

Ideea folosirii resurselor energetice ale acestui râu bogat în apă, a preocupat pe hidrotehnicieni încă dinainte de Marea Revoluție Socialistă din Octombrie. Guvernul țarist nefiind însă interesat în asemenea lucrări, ideea a rămas în faza teoretică, de studiu și propuneri. Hotărîrea de începere a construcției a fost încadrată în planul GOELRO, (1926), în timpul elaborării primului plan cincinal stalinist.

Proiectarea și construirea nodului hidroenergetic și de transport de pe Svir, a fost de fapt decisă — după cum am amintit — cu mult înainte de elaborarea planului GOELRO și anume la 3 Mai 1918, în ședința Consiliului Comisarilor Popoporului, prezidată de Lenin. In acelaș an, au fost chiar începute lucrările de cercetare și proiectare. In primul proiect s'a propus construirea a trei centrale electrice în serie, cu o putere totală de 180.000 CP.

Dificultățile tehnice menționate anterior, situația grea internă și consecințele evenimentelor epocii, au determinat amânarea construcției pentru câțiva ani. In acest timp, lucrările de cercetare și de proiectare au fost continuate fără întrerupere.

La 15 Martie 1927, în locul amenajării în trei trepte s'a acceptat o variantă de utilizare a energiei hidraulice a Svirului în două trepte, variantă care permitea mărirea presiunii la barajul hidrocentralei și deschidea posibilitatea obținerii unei cantități mai mari de energie electrică decât prin amenajarea în trei trepte.

Centrala hidroelectrică de pe Svirul inferior, avea să fie ridicată în apropiere de Ostrovul Negejma, la 143 km de izvorul fluviului și la 240 km de Leningrad, porțiunea de albie a râului Svir considerată ca fiind locul cel mai potrivit pentru construirea hidrocentralei.

Lucrările de cercetare a structurii geologice a albiei și a malurilor, începute în 1927, au arătat însă că este vorba de condiții mult mai complicate decât cele prezentate de cercetările anterioare. Dealungul albiei pline de praguri, a cursului superior al râului, pe o lungime de 143 km, albia este formată din sedimente de bolovani și pietriș așezate pe straturi de nisip marin și argile, iar acestea la rândul lor, așezate deasupra argilelor devonice, stratificate, de culoare roșie brună și albastră deschisă. Straturile devonice au o structură granulară și un conținut variabil de gresie. In straturile devonice, foarte bogate în gresie se află ape subterane, iar straturile care au în constituția lor mai puțină gresie, prezintă o densitate slabă și o mare plasticitate.

Rezultatele cercetărilor au arătat că grosimea straturilor de argile devonice atinge aproximativ 250; iar sondajele făcute până la 120 m nu au ajuns nicăeri la rocă dură subjacentă straturilor devonice. Numai în două puncte ale râului Svir, albia se află pe fund de stâncă: în locul de eșire din lacul Onega, fundul este

de diabaz, iar la km 45 dela punctul de eşire, este de cvarţit. In regiunea ostrovului Negejme, solul de bază al construcţiei de pe Nijni Svir îl formează argilele devonice cu straturi intermediare de argile moi şi de nisip. Straturile devonice sunt acoperite pe alocuri de straturi de aluviuni şi morene saturate de apă.

In practica mondială a construcţiei de fundaţii, în condiţiuni cu mult mai puţin complicate decât cele ale centralei hidroelectrice de pe Svir, s'au înregistrat în multe cazuri distrugerea unor construcţii hidrotehnice pe soluri moi chiar mai omogene decât cele de pe Svir.

Dificultăţile tehnice ridicate de condiţiile geologice nemai întâlnit de grele pentru o construcţie hidrotehnică au determinat pe experţii străini să vorbească despre „absurditatea şi pericolul" ridicării construcţiei hidrotehnice pe un asemenea sol. Ei prevesteau o „catastrofă de neînlăturat", în cazul că se va încerca realizarea proiectului.

Dar proiectul de construcţie elaborat sub conducerea încercatului hidrotehnician sovietic ing. Graftio se întemeia pe teze ştiinţifice fundamentate pe rezultatele cercetărilor hidrologice multilaterale precum şi pe un material documentar imens. Proiectanţii sovietici au elaborat deci cu mult curaj ştiinţific şi patriotic un proiect îndrăzneţ şi având încrederea şi sprijinul Guvernului Sovietic au ridicat o construcţie hidrotehnică unică în felul ei.

Construcţia centralei hidroelectrice Nijni-Svir a decurs potrivit aşteptărilor. Ea a cerut dela colectivul de constructori eforturi mari, dârzenie şi abnegaţie în lupta cu terenurile argiloase alunecătoare. Avântul constructorilor şi dorinţa lor de a realiza marea lucrare i-a condus însă la succes.

In esenţă, proiectul ing. Graftio prevedea următoarele: proprietăţile fizico-mecanice ale terenurilor pe care avea să fie ridicate construcţiile centralei hidroelectrice de pe Svir, coeficientul mic de rezistenţă la deplasare şi uşurinţa cu care rocile erau măcinate prin coroziune, constituiau un pericol real de deplasare a întregului complex de construcţii hidrotehnice datorită presiunii imensei mase de apă care avea să se acumuleze la spatele barajului. Trebuia deci să se obţină o mărire a coeficientului de rezistenţă la alunecare a tuturor construcţiilor centralei hidroelectrice dându-se o formă deosebită fundaţiei. Deaceea, s'a ales tipul de fundaţie în forma de planşeu care micşorează presiunea clădirii pe unitatea de suprafaţă a fundaţiei şi care în acelaş timp face să apară forţe mari de aderenţă între fundaţie şi sol, forţe care împreună cu cele de frecare măresc rezistenţa la alunecare.

Ca o măsură în plus pentru mărirea coeficientului de rezistenţă la deplasare, proiectul prevedea construirea de ancore situate la 20 m în lacul de acumulare şi legate cu fundaţia clădirilor hidrocentralei. Prin presiunea ei, masa de apă acumulată în rezervor, avea să mărească astfel stabilitatea construcţiilor. Volumul lucrărilor de excavaţie era de 11 milioane m³.

Proiectul lui Graftio a fost realizat. Partea subacvatică a căpătat o uşoară înclinare în direcţia presiunii apei cu scopul ca în momentul stingerii unei presiuni determinate, exercitată de apă asupra părţii de jos a construcţiei hidroelectrice, situată sub apă şi orientată spre bieful amonte, aceasta să capate o poziţie verticală.

Faptele s'au desfăşurat aşa cum a prevăzut — în baza calculelor şi experienţelor — inginerul Graftio. In mediu, scufundarea clădirii hidrocentralei în momentul terminării lucrărilor principale de beton era de 17 cm (Aprilie 1933) iar în Septembrie 1935 a atins 21 cm, după care scufundarea s'a oprit şi construcţia a căpătat o poziţie perfect verticală.

Condiţiile geologice şi de construcţie a centralei hidroelectrice de pe Svirul inferior, cu toată exactitatea calculelor de proiectare şi mecanizarea lucrărilor de construcţie şi de săpătură a cerut din partea colectivului o muncă încordată, rezistenţă şi abnegaţie. Cele mai mari complicaţii au fost pricinuite de terenul alunecător din preajma Svirului.

Alunecările au cauzat greutăţi excepţionale colectivului de constructori de pe Svir, din primele zile de săpătură şi până în momentul terminării lor. Din cauza nestabilităţii straturilor de argilă nisipoasă, alunecările fie că distrugeau lucrările de beton efectuate, fie că astupau gropile fundaţiilor făcute pentru ecluza de navigaţie, ori groapa fundaţiei clădirii principale a hidrocentralei — fie că însfârşit ameninţau cu prăbuşirea punctelor vitale ale construcţiilor depe Nijni-Svir. Aceasta periclita şi funcţionarea mecanismelor de construcţie, a căilor de acces, de transport etc.

Dar tocmai această situaţie nefavorabilă a obligat pe constructorii Svirului chiar dela primele zile ale lucrărilor, să elaboraze metode din ce în ce mai eficace pentru combaterea alunecărilor.

Hidrocentrala de pe Svir are un baraj de beton de 320 m lungime şi 22 m înălţime, legat cu un baraj de pământ şi un dig lung de 1 km şi înalt de 10 m; ecluza permite trecerea a 6 milioane tone de mărfuri pe an.

Hidrocentrala de pe Svir a fost construită în 7 ani, termen relativ scurt dacă se ţine seama de dificultăţile de ordin geologic extrem de mari şi de faptele noi pe care le-au ridicat pentru prima oară în faţa colectivului de constructori sovietici.

Investiţiile pe kilowatul de putere instalată nu au depăşit 2 600 ruble iar pe kWh anual au fost de 55 copeici; preţul de cost pentru producerea unui kWh se ridica la 2,1 copeici.

In mesajul adresat muncitorilor de pe şantierul Svirului, la 22 Decembrie 1933, Serghei Mironovici Chirov scria „Intâmpinaţi Congresul al XVII-lea al Partidului nostru printr'o mare victorie. Incătuşind Svirul şi învingând

devonul, în fața căruia șovăiau cei mai buni specialiști din țările capitaliste, ați deschis o pagină nouă, o pagină glorioasă a hidrotehnicei sovietice, ați arătat încăodată ce lucrări minunate pot făuri muncitorii țării sovietice. Centrala Hidroelectrică de pe Svir este o confirmare luminoasă a marilor cuvinte ale lui Stalin : «Nu există cetate, care să nu poată fi cucerită de bolșevici» ; proletarii Leningradului se mândresc cu victoria udarnicilor Țării Sovietice".

Hidrocentrala de pe Svir a funcționat fără întrerupere, în bune condiții, timp de 9 ani. Ea a fost dată în exploatare în Decembrie 1933 având o putere instalată de 116 000 kW, cu o producție medie anuală de energie electrică de circa 600 milioane kWh. Cele patru turbine de câte 29 000 kW fiecare au fost pe aceea vreme cele mai puternice din lume. Pentru alimentarea Leningradului, s'a construit o linie de transport de înaltă tensiune, lungă de 240 km, prima linie de 220 kV din Uniunea Sovietică.

Rezolvarea problemelor complexe și complicate ale construcției centralei hidroelectrice Nijni-Svir constitue un succes unic al tehnicei sovietice și a făcut ca șantierul să fie denumit cu drept cuvânt „Academia construcției hidrotehnice sovietice socialiste".

După 9 ani de funcționare neîntreruptă centrala Nijni-Svir a fost distrusă de hoardele hitleriste ; ea a fost însă reconstruită imediat după alungarea cotropitorilor, în condițiuni și mai bune decât mai înainte.

* * *

Uriașa Centrală Hidroelectrică „V. I. Lenin" de pe Nipru, cunoscută și sub numele prescurtat „Dnieproghes", a fost construită în timpul celui dintâi Cincinal Stalinist.

Amenajarea fluviului Nipru și construirea acestei mari centrale hidroelectrice s'a realizat în anii 1927—1928. Distrusă în timpul războiului de către trupele hitleriste în retragere, uzina a fost refăcută și instalațiile au fost mărite în cadrul celui de al patrulea cincinal.

Fluviul Nipru în lungime de 2.283 km, era navigabil numai în partea lui superioară și pe cursul lui inferior.

In partea centrală a fluviului între Dniepropetrovsc și Zaporoje, navigația era întreruptă din cauză că fluviul traversează zona stâncoasă a masivului granitic ucrainian. Albia era presărată cu stânci subacvatice de toate mărimile, unele din ele eșind chiar din apă ca adevărate insule.

In această regiune, Niprul făcea nouă cataracte pe un traseu de 65 km. Căderea totală pe această distanță este de 31 m, adică de 45 cm/km.

Puterea uriașe a cataractelor a făcut să se nască, încă acum 150 ani, ideia folosirii lor ca izvor de energie, dar această ideie nu a putut fi înfăptuită decât în regimul sovietic.

Imediat în aval de cataracte, condițiile naturale sunt foarte avantajoase pentru construirea unui baraj. Malurile stâncoase permit o legătură puternică între baraj și mal, insula Hortița înlesnește împărțirea fluviului în două, iar roca de granit din albie și de pe mal permite concentrarea unei căderi de apă de 37 m, într'un singur *loc*.

Debitul mijlociu al Niprului în regiunea cataractelor este de 1589 m³/s, iar cel maxim atinge 20 400 m³/s.

Alcătuit din însărcinarea Guvernului Sovietic, de profesorul I. N. Alexandrov, proiectul a fost desbătut și în revistele tehnice de specialitate din Apus. Lucrarea a fost făcută în regie de constructorii sovietici, sub conducerea inginerilor sovietici, în frunte cu academicianul A. V. Vinter.

Incepute în 1927, lucrările au fost terminate într'un timp record, în cinci ani. După terminare, corespondenții de presă au venit din lumea întreagă pentru a vedea realizarea și rezultatele muncii titanice a oamenilor sovietici.

Construirea barajului a cerut deplasarea a 3,4 milioane m³ pământ, scoaterea și sfărâmarea a 1,8 milioane m³ stânci, turnarea a 1,5 milioane m³ beton și montarea a 35.000 tone construcții metalice.

Lucrările au cuprins barajul fluviului, ecluzele din partea stângă și centrala hidroelectrică de lângă malul drept.

Barajul de beton are forma unui arc de cerc cu o rază de 600 m și are lungimea de 760 m, ocupând toată lățimea fluviului. Este împărțit în 47 de panouri cu lățimea de trecere de câte 13 m. Volumul de beton al barajului se ridică la 725.000 m³, iar greutatea lui este de 2 milioane tone. Cota de reținere a apei variază între 48,76 m și 52 m iar căderea brută variază între 39 de m și 28 m ; la debitul maxim de 20.400 m³/s, grosimea lamei de apă deversată, atinge 6,5 m.

Pilele barajului, groase de 3,25 m, se ridică până la cota 60,5 m, unde este amenajat un pod pe care rulează două macarale de câte 200 de tone, ce deservesc vanele. Pe un eșind al pilelor este construit un pod cu șosea și linie de tramvai, care leagă cele două maluri ale fluviului. Panourile de deversare se închid cu vane de 5 tone, care culisează vertical.

Lacul de acumulare format la spatele barajului are o capacitate de 3 miliarde m³. Ecluzele au o capacitate anuală de trecere de 2 miliarde tone ; ele au 450 m lungime iar împreună cu amenajările se întind pe o distanță de 2 km. Vasele trec în trei camere, formând trei trepte de câte 12,9 m.

Centrala electrică este construită lângă malul drept al fluviului. Barajul uzinei formează un tot cu digul lateral și stația de conexiune și debitează priza de apă pentru centrală. Barajul are 18 vane pentru alimentarea turbinelor.

Echipamentul electromecanic al uzinei cuprinde 9 grupuri turbogeneratoare egale, având turbine verticale de tip Francis. Grupurile turbogeneratoare au dimensiuni uriașe : diametrul maxim al rotorului turbinei trece de 6 m, diametrul rotorului generatorului electric este 10,2 m ; greutatea turbinei inclusiv arborele este de 160 tone, greutatea rotorului generatorului este de 510 tone.

Postul central de comandă ocupă lângă stația de conexiuni o clădire cu patru etaje. Datorită centralizării și automatizării comenzilor și controlului, personalul de exploatare din sala de mașini este redus la 9 oameni.

Centrala hidroelectrică de pe Nipru furnizează energie electrică întreprinderilor metalurgice din regiune, bazinului de minereu de fier dela Krivoirog, etc.

Redat navigației în întregime, Niprul a devenit o importantă arteră fluvială pentru legătura între Marea Baltică și Marea Neagră.

Timp de cinci ani și jumătate, desvoltarea industrială a acestei regiuni a fost ținută în loc din cauză că hitleriștii izgoniți au distrus în retragerea lor lucrările dela Dneproghes. In Martie 1944, când războiul nu se sfârșise încă dar armata sovietică eliberase regiunea, poporul sovietic a început a reface construcția și instalațiile distruse. In prezent, Centrala depe Nipru are o putere instalată de 648 MW (900.000 CP) și produce 2,25 miliarde kWh anual ; ea este cea mai mare hidrocentrală din Europa și va fi întrecută într'un viitor apropiat numai de cele două uriașe hidrocentrale ce se construesc pe Volga, hidrocentrala dela Cuibâșev și cea dela Stalingrad.

* * *

In cadrul marilor lucrări hidroenergetice de modificare a naturii, realizate în cincinalele staliniste, a fost sistematizată în bună parte și Volga. Realizările de până acum, lucrările în curs precum și cele care sunt planificate pentru al cincilea cincinal al U.R.S.S. și pentru anii următori, traduc în viață grandiosul proiect de ansamblu cunoscut sub denumirea generală „Volga cea Mare".

Volga este fluviul cel mai mare din Europa. Ea isvorește din lacul Seliger, depe podișul Valdai, la o cotă de 299 m deasupra nivelului Mării Caspice, în care Volga se varsă după un drum de 3750 km. Fluviul este navigabil în mod natural numai pe un traseu de 3256 km. Precipitațiile reduse (600 mm) din podișul Valdai scad uneori până la 300 mm în cursul inferior al fluviului. Adâncimea lui nu scade însă sub 0,9—1,2 m în partea superioară, la nord de Gorki până la Scerbacov chiar în epocile secetoase. Dela Gorki la Astrahan, fluviul are o adâncime de 2,20 m. Panta fluviului este mică : 17,3 cm/km pe cursul superior și 7,3 cm/km pe cel inferior.

Debitul fluviului la 30 km în amonte de Stalingrad, de unde nu mai primește afluenți importanți variază între 2060 și 41.800 m^3/s, debitul anual fiind de 256 km^3.

Volga are numeroși afluenți. Bazinul hidrografic al fluviului Volga are o suprafață de 1.350.000 km^2 ; el este de 1,5 ori mai întins decât cel al Dunării (890.000 km^2).

Intre bazinul Caspicei și cel al Oceanului Arctic, cumpăna apelor se află la o cotă destul de joasă, deaceea canalele de legătură între fluviul Volga și bazinele nordice s'au construit cu oarecare ușurință.

Complexul de proiecte energetice, cunoscute sub denumirea „Volga cea mare", cuprinde sistematizarea unei rețele navigabile în lungime de 17.000 km, pentru vase până la 1800 tone, asigurarea irigației unui teren de cernoziom de 4 300 000 ha precum și producerea anuală de 60 miliarde kWh energie electrică.

Ideia amenajărilor depe Volga nu este nouă. Incă din anul 1910 ing. Crjijanovschi a propus să se taie cotul de lângă Cuibâșev al fluviului Volga, printr'un canal drept, realizându-se astfel și o scurtare însemnată de drum pentru vasele navigabile și o cădere de 6 m, care să permită amenajarea unei uzini hidroelectrice. Propunerea a fost respinsă de regimul țarist care nu avea interesul și nici nu era în stare să o realizeze.

Studii sistematice pentru a crea „Volga cea Mare" au început abia în anul 1927, când prof. Ciaplighin a propus o schemă generală de amenajare.

Realizarea sistemului „Volga cea Mare" înseamnă transformarea acestui fluviu într'un șir de lacuri imense, care să coboare în trepte spre Marea Caspică. De proporții uriașe, acest proiect a fost atacat pe etape, cea finală cuprinzând marile construcții ale comunismului, care se ridică la Cuibâșev și Stalingrad.

Prima problemă din cadrul acestui grandios proiect a fost asigurarea transporturilor necesare vieții și activității populației Moscovei, dublată din 1917 și până astăzi ; în acelaș timp, s'a căutat a se alimenta Moscova cu apă, astfel încât să se asigure câte 500 litri de om pe zi, cantitate care întrece cu mult cea consumată în marile centre americane.

Pentru realizarea acestei sarcini, s'a ajuns la soluția că trebuie să se construiască un canal care să lege râul Moscova cu Volga. Ideea a fost susținută călduros de către I. V. Stalin în ședința plenară a Comitetului Central al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, din Iunie 1931.

Canalul de legătură directă a Moscovei cu Volga a fost construit în direcția nordică, spre orașul Ivancovo, părăsindu-se astfel vechea cale de transport dintre Volga și Moscova, care începea dela Gorchi pe Volga, și continua apoi pe râul Oca și mai departe pe afluentul acestuia, râul Moscova.

Pe această cale, lungă de 960 km, nu se puteau folosi decât vase fluviale de capacitate foarte mică, dată fiind mica adâncime a apei pe acest traseu.

Pentru alegerea traseului celui mai potrivit, s'au făcut ridicări topografice de precizie, pe o suprafață de 5000 km² și cercetări geologice și hidrografice amănunțite, pe o suprafață de 3000 km².

Construcțiile de beton și beton armat au însumat la această lucrare 2.960.000 m³, întrebuințându-se aci 29.000 tone oțel.

Construirea Canalului Moscova-Volga a fost începută în 1933 și lucrarea a fost dată în exploatare în 1937.

Canalul are o lungime de 128 km. Vasele trec din râul Moscova în fluviul Volga urcând prin patru ecluze și coborând prin 6 ecluze, până la lacul de acumulare dela Ivancovo.

Dealungul canalului Moscova-Volga s'au construit 240 lucrări de artă, 11 ecluze, 11 baraje, 8 hidrocentrale, 19 poduri și viaducte, 2 tunele, 5 instalații de pompare, etc.

Intregul utilaj a fost fabricat de industria sovietică.

Prin construirea barajului dela Ivancovo, s'a creat pe Volga o treaptă de 18 m. Barajul reține 1120 milioane m³ de apă într'un lac de acumulare cu suprafața de 327 km², numit Marea Moscovei. Pentru realizarea acestui lac de acumulare au fost mutate localități și construite altele noi pentru o populație de 27.000 de oameni.

Primele lucrări de sistematizare a fluviului Volga au fost făcute în epoca 1932—1937 odată cu construirea Canalului Moscova-Volga.

La intrarea în acest canal, pe Volga a fost amenajată centrala hidroelectrică Ivancovo cu o putere instalată de 28.000 kW. Prin energia produsă, uzina contribue la funcționarea stațiilor de pompare, aflate dealungul canalului Moscova-Volga și care alimentează canalul cu debitul de apă necesar — 152 m³/s vara și 102 m³/s iarna.

Barajul dela Scerbacov ridică nivelul fluviului Volga cu 19 m și crează un vast lac de egalizare — Marea Scerbacov — în suprafață de 4 750 km² și capacitate de reținere de 24,8 miliarde m³; se asigură pe această cale și alimentarea sistemului de canale, prin care Moscova este legată de Marea Albă.

Marea Scerbacov a fost creată prin închiderea văii fluviului Volga și a văii râurilor Secma și Mologa cu baraje și diguri, care se întind pe o lungime de peste 100 km. Marea Scerbacov este astăzi cel mai mare lac de acumulare din U.R.S.S. și va fi întrecută în anii viitori doar de lacurile de acumulare ce se vor forma la barajele dela Cuibâșev și Stalingrad.

Crearea acestei mări a cerut construirea de noi localități pentru strămutarea a 37.000 gospodării cu 150.000 oameni, care locuiau în 700 de localități, pe teritoriul care a devenit Marea Scerbacov.

Centrala hidroelectrică dela Scerbacov a fost terminată în anul 1941 în al 4-lea Cincinal. Turbinele sunt de tip Kaplan (cu roată), având palete mobile. Dimensiunile grupurilor electrogene sunt impresionante: arborele este gros de 1,3 m, statorul generatorului electric are diametrul de 14 m. Inălțimea totală a grupului atinge 35 m, iar greutatea părților în rotație este de 2000 tone.

Uzina hidroelectrică are o putere instalată de 330.000 kW și produce 1 miliard kWh anual.

Prin construirea ecluzelor hidrocentralei dela Scerbacov, sistemul a căpătat, începând din Mai 1941, adâncimea necesară navigației.

Intre Ivancovo și Scerbacov, la Uglici, s'a construit în epoca 1935—1939, un baraj care formează o treaptă intermediară de 10 m diferență de nivel. Suprafața lacului de acumulare dela spatele acestui baraj este de 220 km². Uzina are o putere instalată de 110.000 kW și produce anual 200 milioane kWh.

Prin aceste lucrări apele fluviului Volga și-au mărit debitul dela 200 la 800 m³/s, navigația fiind asigurată până la Astrahan, chiar în epoci de secetă, pentru vase cu pescaj de 2 m.

Uriașul sistem hidroenergetic „Volga cea Mare" unește direct Moscova de Marea Caspică. Legată prin noul canal Volga-Don „V. I. Lenin", cu Marea de Azov și cu Marea Neagră, iar prin vechiul sistem de canale, de Marea Baltică și Oceanul Arctic, Moscova a devenit cu adevărat „port la 5 mări".

In mersul ei victorios, hidroenergetica sovietică atinge în 1950 un stadiu de desvoltare, care-i permite să treacă la marile construcții ale comunismului.

In cadrul acestor mari construcții, se realizează și ultima etapă a sistemului fluviului Volga.

* * *

Hotărîrile din 1950 ale Partidului Comunist și Guvernului Sovietic cu privire la hidrocentralele dela Cuibâșev și Stalingrad, care realizează în întregime schema „Volga cea Mare", au însemnătate istorică, aceste lucrări constituind o etapă nouă în lucrările hidroenergetice pe care le înfăptuește popporul sovietic, atât prin tehnică cât și prin concepție extinsă de transformare a naturii pe vaste regiuni.

Directivele Congresului al XIX-lea al P.C.U.S. cuprind și începerea construirii în 1956 a centralei hidroeletrice dela Ceboksari pe Volga și Votkinsk pe Cama iar în cincinalul în curs hidrocentrala dela Gorki depe Volga.

Deși examinarea amănunțită a acestor măreațe lucrări ale comunismului iese din cadrul articolului de față, vom schița în câteva cifre și date mărimea lucrărilor fiindcă volumul acestor lucrări depe Volga arată grăitor, marile progrese făcute de hidroenergetica sovietică în ultimii 30 de ani.

Pentru centrala hidroelectrică dela Cuibâșev așezată pe malul drept al fluviului, se află astăzi în construcție un baraj de beton lung de 950 m și înalt de 45 m. Acest baraj va fi protejat de o parte lungă de 435 m care va cuprinde uzina hidroelectrică și va fi conti-

nuată cu un baraj de pământ lung de 2 600 m, cu o bază de 600 m.

Pentru construirea acestui baraj este prevăzută săparea a 1.100 milioane m³ de pământ. Se vor face zeci de milioane metri cubi terasamente și se vor turna șase milioane de m³ beton. Barajul va avea 48 porți uriașe de oțel.

Lacul de acumulare, ce se va forma la spatele barajului se va numi Marea Cuibâșev. Această mare se va întinde în susul fluviului Volga, pe o distanță de aproape 600 km (până la Ceboksari) atingând uneori chiar lățimea de 40 km; ea va avea suprafața de 7 400 km² și o capacitate de 42 miliarde m³. Pe malurile aceste mari se vor construi 93 de porturi. Lacul va avea 25 m adâncime și va permite navigația chiar a vaselor mari.

Centrala hidroelectrică Cuibâșev va avea o putere instalată de 2.100.000 kW și va produce 10 miliarde kWh, fiind astfel cea mai mare centrală hidroelectrică din lume. Ea va alimenta regiunile Moscova, Saratov și Cuibâșev. Transportul energiei la Moscova se va face pe o distanță de 900 km pe linii de 360/400 kV.

Energia produsă va servi și la electrificarea căilor ferate și la ameliorarea navigației pe Volga. Se vor alimenta stațiile de pompare, cu ajutorul cărora apa din Volga va fi ridicată în rezervoare speciale de unde va fi distribuită prin cădere liberă, cu ajutorul unor canale speciale, pentru irigarea unor terenuri în întindere de 1,5 milioane hectare.

In aceste lucrări, fluviul Volga va suferi modificări însemnate. Barajul dela Cuibâșev producând acumularea aceasta lărgește mult fluviul astfel încât orașul Cazan, aflat astăzi la 5 km de malul fluviului Volga, va fi peste câțiva ani un mare port la acest fluviu.

Hidrocentrala va fi terminată și dată în exploatare în anul 1955.

După un an dela intrarea în funcțiune a hidrocentralei Cuibâșev va fi terminată și centrala hidroelectrică dela Stalingrad care va avea o putere instalată de 1.700.000 kW și va produce 10 miliarde kWh anual la un debit mijlociu de apă.

Lacul de acumulare, ce se forma la barajul dela Stalingrad va avea o lungime de 500 km, trecând dincolo de Saratov. Lățimea maximă a lacului va fi de 25 km. Capacitatea lui va fi de 30 miliarde m³, deci mai mică decât a lacului dela Cuibâșev. Din acest lac de acumulare va porni un canal spre fluviul Ural.

Lucrările de pământ dela Stalingrad se cifrează la 100 milioane m³ plus alte 500 milioane m³ la canalele de irigație. Lucrările de beton și beton armat se urcă la 6,5 milioane m³.

Cei doi giganți hidroelectrici de pe Volga vor deveni nodurile principale ale rețelei unice de înaltă tensiune care va reuni sistemele energetice ale părții europene a Uniunii Sovietice.

Construirea acestor uriașe lucrări energetice de folosință complexă utilizează tehnica avansată, experimentată cu mult succes pe șantierul Canalului Navigabil Volga-Don.

Construirea acestor mari centrale hidroelectrice ridică în fața energeticienilor sovietici probleme științifice și tehnice de mare însemnătate. Astfel se studiază transportul energiei electrice în înaltă tensiune pe distanțe nemai întâlnite până acum în tehnica mondială. Se cercetează fenomenele electrice care pot apare pe aceste linii și se caută metode de reducere a pierderilor de energie.

Ultimele două trepte ale uriașei amenajări depe Volga vor face o economie anuală de 20 milioane tone combustibil la producerea curentului electric și de alte 45 milioane tone combustibil la electrificarea industriei și transporturilor.

Dinamica hidroenergeticei sovietice considerată în perspectiva desvoltării excepționale a mijloacelor de producție ale U.R.S.S., va intra pe făgașul unei desvoltări nemaiîntâlnite atunci când va începe folosirea apelor uriașelor fluvii siberiene Obi, Ienisei, Lena, etc.

Al. S. B.

Bibliografie

A. V. Vinter: Dela primele construcții de hidrocentrale sovietice, la marile construcții ale comunismului. Moscova, 1951, Editura „Pravda".

A. V. Vinter: Energetică Sovietică. Editura Academiei R.P.R., 1949.

A. A. Tchernachow-B. I. Weitz: Traits distinctifs du système de l'electrification de l'U.R.S.S. Conférence internationale des grands reseaux electriques à haute tension, Paris 1935.

G. M. Crjijanovschi: Epoca construcțiilor gigantice. Editura Cartea Rusă, 1951.

I. Andreescu-Cale: Transformarea tehnico-geografică a basinului fluviului Volga, Analele Româno-Sovietice, No. 4/1947.

S. F. Șerșov: Electrificarea leninist-stalinistă a U.R.S.S., Moscova-Leningrad 1951, Gosenergoizdat.

B. Popovschi: Mărețele lucrări hidroelectrice din U.R.S.S., prevestitoare ale Comunismului. „Electricitatea" Februarie 1951.

EDITURA ENERGETICA DE STAT

CĂRŢI APĂRUTE:

N. A. Semenenco: **„Resurse energetice secundare în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 216 pag. . . 11,60 lei

V. N. Pocrovschi: **„Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice"**, (traducere din limba rusă) — 244 pag. 15,— „

P. A. Dolin: **„Repararea transformatorilor"**, (traducere din limba rusă) - 200 pag. . . . . 10,95 „

N. Gheorghiu şi P. Militaru: **„Iluminatul electric"**, 416 pag. 18,20 „

B. M. Tareev: **„Materiale electrotehnice"** (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 12,90 „

L. V. Litvac: **„Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale"**, (traducere din limba rusă) — 120 pag. . . . . 7,80 „

M. S. Riabov: **Partea electrică a instalaţiilor de iluminat"**, (traducere din limba rusă) — 232 pag. . . . . 13,50 „

M. I. Cuznețov: **„Electrotehnica"**, (traducere din limba rusă) 512 pag. . . . . 15,60 „

N. G. Drozdov: **„Electricitatea statică în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 160 pag. . . . . 9,45 „

C. D. Voscresenschii: **„Culegere de probleme de transmiterea căldurii"**, (traducere din limba rusă) — 204 pag. 11 „

C. S. Ţâchin: **„Transformatorii de joasă frecvenţă"**, (traducere din limba rusă) — 416 pag. . . . . 23,58 „

P. V. Borisoglebschi — **„Bazele fizice şi metodele pentru încercarea preventivă a izolaţiei industriale"** (traducere din limba rusă) — 228 pag. . . . . 12,10 „

L. B. Rivlin: **„Motoarele electrice şi exploatarea lor"** (traducere din limba rusă) — 384 pag. . . . . 22,80 „

I. S. Antoniu şi H. Albert: **„Culegere de probleme de electrotehnică"** — 296 pag. . . . . 14,80 „

I. L. Baida: **„Curs general de măsurări electrice"** (traducere din limba rusă) — 390 pag. . . . . 25,95 „

S. N. Sorin: **„Instalaţii de cazane"** (traducere din limba rusă) 224 pagini . . . . . 17,70 „

V. I. Bunkin: **„Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur"** (traducere din limba rusă) — 280 pag. . . . . 19,15 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

N. L. Butenco: **„Călăuza lăcătuşului la montarea suprafeţelor de încălzire ale cazanelor cu abur"**, (traducere din limba rusă) — 112 pag. . . . . 5,41 „

A. S. Sereda: **„Reparaţiile rapide şi mărirea siguranţei în exploatarea centralelor termoelectrice"** (traducere din limba rusă) — 136 pag. . . . . 6,25 „

V. A. Orlov: **„Aparate automate pentru analiza gazelor la centralele electrice"** (trad. din limba rusă) — 116 pag. 6,35 „

A. A. Vasiliev: **„Bateriile de acumulatori în sistemele energetice"** (traducere din limba rusă) — 152 pag. 7,20 „

G.S. Bobrovschi: **„Călăuza fochistului dela instalaţiile industriale de cazane"**, (traducere din limba rusă) — 136 pag. 7,40 „

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

EDITURA ENERGETICA DE STAT

Publică lunar:

Institutul de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА

E 2039 /b

KAT

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

REFERALVA

864

5

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Mai 1953 ★ Nr. 5 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

1 Mai — Ziua solidarităţii internaţionale a oamenilor muncii 1

HIDROENERGETICA

M. Goldştein, ing. şi *M. Constantinescu*, ing.: O metodă nouă de determinare a debitelor maxime . 6

TERMOENERGETICA

Ioan Vlădea, prof. dr. ing.: Teoria şi calculul turnurilor de răcire 11

I. Barbu, conf. ing.: Probleme de încălzire uniformă a cuptoarelor moderne de cocs 31

PROBLEME TEHNICO-ECONOMICE

G. Petrescu, prof. dr. ing.: Măsuri tehnico-organizatorice pentru îmbunătăţirea factorului de putere în reţelele electrice 38

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1 май — День международной солидарности трудящихся 1

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Инж. *М. Гольдштейн* и инж. *М. Константинеску*: Новый метод определения максимальных расходов 6

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Проф. др. инж. *Иоан Влэдеа*: Теория и рассчет градирень 11

Конф. инж. *И. Барбу*: Вопросы равномерного нагрева современных коксовальных печей . . . 31

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Проф. др. инж. *Г. Петреску*: Технико-организационные меры для улучшения коэфициента мощности в электрических сетях 38

ERATA

Pag.	rândul	în loc de	se va citi
6	13 col. II	cauzeată	cauzează
6	22 col. II	întâlnec	întâlnesc
7	3 de jos col. I	înregiatrate	înregistrate
7	9 de jos col. II	deal	de la

15 formula 14a col. II, apărând neclar, se va citi astfel:

$$\alpha = b' \frac{w^m \, d^{m-1}}{\lambda^{n-1}} (\gamma c_p)^n \qquad (14a)$$

17 formula 36a col II apărând neclar, se va citi astfel:

$$i_2 = (1 - x_2) \cdot c_{pa} t_2' + x_2 (c_{pv} \cdot t_2' + r_2)$$
$$i_1 = (1 - x_1) \cdot c_{pa} t_1' + x_1 (c_{pv} \cdot t_1' + r_1) \qquad (36a)$$

19	7 col. II	a proiri	apriori
32	7 col. II	respective	respectiv
33	7 col. I	vertcalelor	verticalelor
37	23 col. II	exlică	explică

1 MAI — ZIUA SOLIDARITĂȚII INTERNAȚIONALE A OAMENILOR MUNCII

Oamenii muncii din lumea întreagă, serbează la 1 Mai ziua solidarității internaționale a celor ce muncesc, ziua frăției muncitorilor din toate țările.

De 64 ani încoace, oamenii muncii sărbătoresc, an cu an, ziua de 1 Mai.

„In anul 1889, la Congresul dela Paris al socialiștilor din toate țările, muncitorii au ales anume ziua aceasta, ziua de 1 Mai, când natura se trezește din amorțeala iernii, când pădurile și munții se învesmântează în verdeață, când câmpiile și luncile înfloresc, soarele începe să încălzească mai puternic, când în aer se simte bucuria înoirii, când natura reînvie năvalnic în toată splendoarea ei ; ei au hotărît să vestească sus și tare, tocmai în această zi, lumii întregi că muncitorii aduc omenirii primăvara și eliberarea din lanțurile capitalismului, că muncitorii sunt chemați să reînoiască lumea pe baza libertății și a socialismului", scria Stalin în 1912, într'o proclamație de 1 Mai.

Dealungul anilor, mișcarea a obținut succese din ce în ce mai mari și în fiecare an a crescut solidaritatea celor ce muncesc.

Marea sărbătoare a proletariatului este prilej pentru ridicarea cât mai sus a steagului internaționalismului proletar, pentru demonstrarea forței internaționalismului proletar, a solidarității oamenilor muncii. Sub flamura internaționalismului proletar, oamenii muncii din lumea întreagă își manifestează unitatea de nezdruncinat în lupta pentru pace, democrație și socialism.

In țara noastră, ziua de 1 Mai este prilejul pentru o puternică manifestare a voinței de pace a masselor largi de muncitori, țărani muncitori și intelectuali legați de popor, a tuturor oamenilor cinstiți. Ziua de 1 Mai este o demonstrație puternică a dragostei și devotamentului față de patrie, o demonstrație a încrederii nemărginite față de partid și de comtitetul său central, în frunte cu conducătorul partidului și al guvernului, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej.

Sărbătoarea de 1 Mai este o caldă manifestare de dragoste și de recunoștință a poporului nostru pentru marele popor sovietic, o sărbătoare a prieteniei și alianței veșnice româno-sovietice. Ziua de 1 Mai este o manifestare a solidarității de nezdruncinat dintre poporul sovietic, poporul chinez și popoarele țărilor de democrație populară, unite strâns în jurul Uniunii Sovietice, bastionul păcii și prieteniei popoarelor.

Ziua de 1 Mai este o zi de trecere în revistă a uriașelor forțe ale păcii și progresului, a luptei pentru pace, atât pe plan mondial cât și pe plan intern.

In acest an, marea familie frățească a popoarelor libere au sărbătorit ziua de 1 Mai sub semnul întăririi lagărului păcii, democrației și socialismului — cea mai măreață cucerire a popoarelor. Victoria istorică obținută de poporul sovietic în cel de al doilea război mondial a creat condițiile pentru ca o serie de țări să se smulgă din lanțul robiei capitalismului. Din China și Coreea și până în Cehoslovacia și Ungaria, au luat ființă țările de democrație populară. Alături de Uniunea Sovietică, puternic sprijinite și ajutate de ea, pășesc popoarele libere și independente ale țărilor de democrație populară din Europa și Asia.

Succesele dobândite de eroicul popor chinez în construirea puternicului său stat democrat-popular sunt imense. El a pășit de curând în perioada reconstrucției naționale și a început înfăptuirea primului plan cincinal. Cu repeziciune înaintează pe drumul construirii socialismului țările de democrație populară, precum și Republica Democrată Germană. In țările democrat-populare, nivelul general al producției industriale a crescut aproape de 3 ori, la sfârșitul anului 1952, față de anul 1937, în timp ce în Franța, Austria, Belgia, Olanda, Grecia și Luxemburg luate împreună, nivelul producției industriale n'a crescut în aceeași perioadă decât cu mai puțin de o treime.

Intre țările lagărului democratic, au devenit tot mai strânse relațiile de tip nou, întemeiate pe ideologia internaționalismului proletar.

In Uniunea Sovietică, avântul neîncetat al economiei verifică permanent legea economică fundamentală a socialismului, descoperită și formulată de marele Stalin: „asigurarea satisfacerii maximale a nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale întregii societăți prin creșterea și perfecționarea neîntreruptă a producției socialiste pe baza tehnicii celei mai înalte". Recenta și considerabila reducere de prețuri este a șasea de după război. Ca rezultat al acestei noi reduceri, ținând seama de influența pe care o va exercita și asupra prețului colhozince, câștigul total al populației se va ridica la 35 miliarde ruble. Reducerile de prețuri au intrat în U.R.S.S. în tradiția anilor postbelici de mari și crescânde succese ale muncii pașnice a oamenilor sovietici. Ele sunt o minunată expresie a politicii de pace a Uniunii Sovietice. Marele Stalin a arătat că extinderea industriei civile, ridicarea marilor construcții ca și reducerile sistematice de prețuri la mărfurile de larg consum, care au loc în U.R.S.S. și care necesită cheltueli bugetare de zeci de miliarde, sunt cu totul incompatibile cu o politică de război, care presupune sporirea forțelor armate și desvoltarea industriei de război.

Toate acestea arată grăitor că forța economică producția industrială și agricolă se desvoltă continuu pe calea păcii, că gloriosul partid comunist al lui Lenin-Stalin și Guvernul So-

vietic au o neîncetată grijă pentru ridicarea nivelului de trai material și cultural al oamenilor sovietici.

Puternic în munca și lupta sa pentru pace, poporul sovietic înregistrază înfăptuiri din ce în ce mai mari în mărețul program de construire a comunismului, de modificare a naturii, trasat de marele Stalin. In anul care s'a scurs dela trecutul 1 Mai, au început a lua ființă mărețele construcții ale comunismului, a fost pus în funcție canalul navigabil Volga-Don. „V. I. Lenin", cu sistemul energetic dela Țimleanscaia, iar până la finele celui de al cincilea cincinal, va fi inaugurată centrala hidroelectrică dela Mingheceaur, din Transcaucazia, cea dela Ust-Camenogorsk din Cazahstan, cea dela Gorchi și altele, cu o putere totală de 1.916.000 kW, precum și uriașa centrală hidroelectrică dela Cuibâșev, pe Volga, cea mai mare din lume, cu o putere de 2.100.000 kW.

Dar mărețele construcții din Uniunea Sovietică, care caracterizează trecerea dela socialism la comunism, cer o desvoltare necontenită a forțelor de producție, ridicarea nivelului tehnic și cultural general. Pentru realizarea creșterii de aproximativ 70% a nivelului producției industriale în al cincilea cincinal, directivele Congresului al XIX-lea al P.C.U.S. prevăd o folosire largă a energiei electrice în toate ramurile economiei naționale a Uniunei Sovietice. Corespunzător acestui nivel de desvoltare a economiei naționale, producția de energie electrică urmează să crească și ea cu 80% în 1955 față de 1950, ajungând la 162 miliarde kWh, când în 1951, centralele electrice ale U.R.S.S. au produs 104 miliarde kWh, depășind producția de energie a Franței și Angliei la un loc și ocupând primul loc în Europa.

Giganticele construcții, au pus în fața științei și tehnicei sovietice probleme noi și grele, pentru a căror rezolvare oamenii de știință și tehnică stabilesc soluții îndrăznețe și ingenioase, ce deschid perspective noi în domeniul transportului de energie, a escavaților, metalurgiei, construcției de mașini, etc.

Proporțiile uriașe ale lucrărilor cer un ritm care întrece tot ce se cunoaște în istoria tehnicii. Acest ritm este asigurat prin mașini de mare productivitate construite în U.R.S.S. precum și prin mecanizarea și electrificarea șantierelor.

Intreg utilajul centralelor termolectrice și hidroelectrice sovietice se fabrică în U.R.S.S. In uzinele sovietice, unde se construesc cele mai puternice și perfecte mașini și agregate din lume, se fabrică cel mai puternic echipament hidroenergetic Astfel, centrala hidroelectrică dela Țimleanscaia a fost echipată cu utilaj furnizat de uzinele „Stalin", „Electrosila — Chirov", „Calinin", etc. In ce privește echipamentul termomecanic al marilor centrale termoelectrice, trebue amintit că încă din 1939, constructorii sovietici au creat prima turbină cu abur din lume, de 100 000 kW cu 3000 rot/min, iar în anul 1946, prima turbină din lume, de 100 ata, cu aceeași putere. In prezent, se lucrează la ridicarea treptată a centralelor termoelectrice la un nivel tehnic superior: presiunea aburului 170 ata, iar temperatura lui de 600°. Puterea turbinelor a ajuns la 150.000 kW.

Progresul tehnic neîncetat constitue un factor important al ridicării sistematice a productivității muncii. Inzestrarea economiei cu o tehnică desvoltată, desvoltarea învățământului tehnic, inovațiile și raționalizările ca fenomen de massă, întrecerea socialistă, colaborarea creatoare a oamenilor de știință cu muncitorii din producție, toate aceasta crează condiții favorabile pentru desvoltarea economiei anționale.

In directivele Congresului al XIX-lea, prezentate de M. Z. Saburov, se spune despre rolul progresului tehnic .... „Baza pentru o astfel de creștere a productivității muncii o constitue sporirea necontenită a înzestrării tehnice a muncii. introducerea în producție a științei și tehnicii înaintate precum și creșterea continuă a situației materiale a poporului și ridicarea nivelului cultural și tehnic al oamenilor muncii".

In contrast cu haosul economic, în care se sbat țările capitaliste, succesele economiei sovietice și cele ale democrațiilor poulare, apar cu și mai multă strălucire. Avântul economiei țărilor din lagărul păcii și socialismului contrastează izbitor cu ascuțirea contradicțiilor din țările capitaliste, unde orientarea economiei spre război, duce la o înrăutățire a situației lor economice. Economia lor urmează legea fundamentală a capitalismului contemporan, descoperită de genialul Stalin: asigurarea profitului capitalist maximal, prin exploatarea, ruinarea și sărăcirea majorității populației țării respective, prin aservirea și jefuirea sistematică a popoarelor din alte țări, prin războaie și prin militarizarea economiei naționale.

Acest mod de desvoltare a economiei aruncă asupra popoarelor din țările capitaliste poveri foarte grele. După date oficiale, între anii 1949 și 1952, costul vieții a crescut în Franța cu 45%, în Norvegia cu 35%, în Grecia cu 27%, în Anglia cu 22%, în Olanda cu 21%, etc. Șomajul a crescut în toate țările capitaliste: în Japonia există astăzi peste 10 milioane șomeri, totali și parțiali, iar în Italia peste 3 milioane șomeri, multe sute de mii de italieni expatriându-se pentru a găsi de lucru; în Anglia sunt 500.000 șomeri, în Indonezia 15 milioane, în Franța 600.000 totali și 2 1/2 milioane parțiali, în Germania Occidentală aproape 5 milioane șomeri, iar în S.U.A. sunt 13 milioane șomeri totali și parțiali.

Cursa febrilă a înarmărilor, uriașe bugete militare, militarizarea economiei și reducerea producției civile, creșterea impozitelor și prețurilor, intensificarea exploatării, adâncește necontenit mizeria și suferințele masselor muncitoare în țările capitaliste.

Infruntând măsurile represive ale reacțiunii, oamenii muncii din țările capitaliste se unesc tot mai strâns în lupta pentru interesele lor vitale. Ei sărbătoresc măreața zi de 1 Mai, închegând necontenit rândurile în jurul Partidelor comuniste și muncitorești, în lupta împo-

triva exploatării, pentru libertăți democratice, pentru independență națională, pentru pace și colaborare între popoare. Crește neîncetat lupta de eliberare națională a popoarelor coloniale și semicoloniale împotriva jugului secular al înrobirei capitaliste pentru libertate și independență.

Impotriva sângeroasei exploatări capitaliste, oamenii muncii se ridică la luptă prin greve și alte forme de luptă. Cu deosebită vigoare și dârzenie s'a desfășurat anul trecut lupta grevistă în Japonia, Italia, Franța și Germania Occidentală. In Statele Unite, au avut loc în anul 1952 aproape 5000 greve, cuprinzând un număr de 3 1/2 milioane greviști. In toate țările partidele comuniste pășesc în fruntea luptei întregului popor pentru libertate și pace, pentru democrație și independență.

Forțele păcii cresc din ce în ce mai mult, iar în fruntea lor pășește măreața Uniune Sovietică, a cărei politică externă este o politică de pace.

Deaceea propunerea făcută de Ciu-En-Lai în numele Guvernului Republicii Populare Chineze și de Kim-Ir-Sen, în numele guvernului Republicii Populare Democrate Coreene, cu privire la soluționarea problemei schimbului de prizonieri, propunere care are drept scop să pună capăt războiului din Coreea, a fost sprijinită cu o deosebită vigoare de Guvernul Sovietic, prin declarațiile tovarășului V. M. Molotov. Propunerea chino-coreeană, sprijinită de U.R.S.S a avut un mare răsunet în toată lumea.

Popoarele iubitoare de pace văd în Uniunea Sovietică principalul reazim, factorul de bază al menținerii și întăririi păcii generale. Ele salută cu bucurie atât victoriile Uniunii Sovietice pe plan intern, cât și acțiunile pe plan extern interesele U.R.S.S. fiind indisolubil legate de cauza păcii din întreaga lume.

„In domeniul politicii externe — a spus tovarășul Malencov — principala noastră preocupare este de a nu îngădui un nou război, de a trăi în pace cu toate țările. Partidul Comunist al Uniunii Sovietice, Guvernul Sovietic consideră că cea mai justă, necesară și dreaptă politică externă este politica păcii între toate popoarele, bazată pe încrederea reciprocă, politica eficace, sprijinită pe fapte și confirmată prin fapte...".

Iubitorii de pace din lumea întreagă au salutat articolul din ziarul „Pravda", intitulat: „In legătură cu discursul președintelui Eisenhower". Punctul de vedere sovietic și soluțiile realiste propuse pentru fiecare din problemele internaționale actuale sunt menite să creeze premizele destinderii internaționale, să contribue efectiv la întărirea păcii și desvoltarea colaborării internaționale.

„In ceeace privește U.R.S.S., nu există niciun motiv de îndoială că ea este gata să ia asupra ei partea corespunzătoare în rezolvarea problemelor internaționale litigioase.

Uniunea Sovietică a dovedit nu odată acest lucru în problemele internaționale serioase. Politica dusă de Uniunea Sovietică nu poate fi contrară intereselor altor state iubitoare de pace. Ea corespunde năzuințelor tuturor statelor care sunt gata să contribue la desvoltarea colaborării internaționale, fără deosebire de sistemul social. Această politică a U.R.S.S., este totodată expresia celor mai profunde năzuințe de pace ale poporului nostru către întărirea păcii generale", încheie menționatul articol din „Pravda".

Creșterea neîntreruptă a puterii Uniunii Sovietice este rezultatul politicii juste a Partidului Comunist și al muncii lui organizatorice în vederea traducerii în viață a acestei politici.

Victoria istorică a poporului sovietic în marele război pentru apărarea Patriei, îndeplinirea înainte de termen al celui de al 4-lea Plan Cincinal, desvoltarea continuă a economiei naționale, creșterea bunei stări materiale și a nivelului cultural, al poporului sovietic, întărirea unității moral-politice a societății sovietice, sunt principalele rezultate, care confirmă justețea politicii P.C.U.S. — Forța Partidului constă în faptul că, este legat de massele largi, că este un partid cu adevărat popular, a cărui politică corespunde intereselor vitale ale poporului. In lupta pentru construirea societății comuniste, Partidul a devenit și mai apropiat poporului și și-a întărit legăturile cu massele largi ale oamenilor muncii. Deaceea, poporul sovietic sprijină în unanimitate politica Partidului și îi acordă deplină încredere.

In unitatea rândurilor sale, cucerită în lupta înverșunată împotriva dușmanilor leninismului, constă isvorul forței invincibilului Partid Comunist.

In Patria noastră, de 1 Mai, poporul muncitor face un bilanț al realizărilor și constată că această zi este sărbătorită în condițiile unui mare avânt politic și în muncă.

Sub conducerea Partidului, eroica clasă muncitoare din țara noastră pășește cu hotărîre la înfăptuirea sarcinei sale istorice: construirea socialismului. Strălucitele victorii obținute de poporul nostru sub steagul Partidului, arată uriașa forță creatoare a regimului nostru democrat popular.

In plin avânt al întrecerii socialiste întețită în cinstea zilei de 1 Mai, oamenii muncii au aflat cu mândrie îndreptățită rezultatul îndeplinirii Planului de Stat pe trimestrul I al anului 1953. In fruntea îndepliniriilor și depășirilor se află producția sectorului electric, producția de energie electrică, de motoare electrice, generatori și transformatori electrici, alături de producția de cărbune, strunguri, motoare Diesel, trolii de foraj petrolifer, ciocane de abataj, tractoare mașini agricole cu tracțiune mecanică, precum și prima serie de autocamioane grele fabricate în R.P.R.

Înțeleapta politică leninist-stalinistă de industrializare socialistă a țării, se oglindește în rezultatele obținute, în succesele realizate, în faptul că pe întreaga industrie socialistă, producția globală a crescut în acest trimestru cu 23,1% ,față de trimestrul I al anului trecut, iar productivitatea muncii în industrie a crescut cu 10,3%.

Dacă ne referim numai la sectorul energetic, constatăm cu mândrie că în acest an au luat ființă primele mari unități ale Planului de electrificare. A intrat în funcție centrala termoelectrică „Gheorghe Gheorghiu-Dej" dela Doicești cea mai mare termocentrală a țării, precum și centrala hidroelectrică dela Moroeni. La fel de puternic este avântul constructiv și în celelalte sectoare. Patria noastră devine în măsură din ce în ce mai mare un imens șantier al construcției pașnice. Se desvoltă în mod continuu forțele de producție, ritmul pașilor noștri pe calea socialismului și bunei stări, devenind din ce în ce mai rapid.

La baza acestor mari realizări și a ritmului însuflețit al mersului nostru înainte spre socialism, stă fără îndoială ajutorul frățesc pe care-l primim permanent din partea marei noastre prietene Uniunea Sovietică. „Uniunea Sovietică — spune tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej în articolul său „Despre întărirea continuă a regimului democrat popular în R.P.R.", publicat în revista „Comunist" a C.C. al P.C.U.S. — dă poporului român un ajutor frățesc, socialist. El are nu numai o uriașe însemnătate în construirea bazei materiale tehnice a socialismului, ci și un profund și bogat conținut politico-moral. Insușirea experienței sovietice întărește încrederea poporului român în propriile sale forțe, sădește în conștiința muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor români o uriașe încredere în capacitățile lor creatoare și contribue la înflorirea culturii, artei și științei în țara noastră...".

Acest ajutor și această colaborare au fost caracterizate de Marele Stalin, care arătând că în perioada de după război, Uniunea Sovietică, China și țările de democrație populară, au realizat din punct de vedere economic o strânsă legătură între ele și au organizat colaborarea economică și ajutorul reciproc, scrie: „... experiența acestei colaborări arată că nicio țară capitalistă n'ar fi putut să acorde țărilor de democrație populară un ajutor atât de efectiv și tehnicește calificat ca acela pe care li-l acordă Uniunea Sovietică. Important este nu numai faptul că ajutorul acesta este cât se poate de ieftin și este de prim rang din punct de vedere tehnic. Important este înainte de toate că la baza acestei colaborări stă dorința sinceră de a se ajuta reciproc și de a obține un avânt economic general...".

Mulțumită acestui ajutor sovietic multilateral, poporul nostru a obținut succese în industrializarea socialistă a țării.

Cu bucurie și mândrie oamenii muncii trec în revistă de 1 Mai minunatele realizări din Patria noastră. Nu sunt decât câțiva ani de când România, cârmuită de clicile reacționare burghezo-moșierești, înfeudată capitalului străin, era o țară a înapoierii economice, a mizeriei maselor, a foametei, analfabetismului, bolilor și asupririi sociale și naționale. Devenită pentru prima oară o țară cu adevărat liberă și independentă, România este astăzi o țară înaintată, care sub conducerea Partidului clasei muncitoare pășește spre culmile progresului și înfloririi, o țară care construește socialismul.

Datorită ajutorului frățesc al Uniunii Sovietice, am început a culege roadele industrializării socialiste a țării. In anii puterii populare au luat ființă ramuri noi ale industriei ca de pildă industria de construcții de mașini-unelte, industria electrotehnică, industria chimică, etc.

Ritmul rapid al realizărilor noastre corespunde cerințelor legii desvoltării planificate, proporționale, a economiei naționale.

In capitalism, desvoltarea tehnicei este supusă acțiunii legii concurenței și anarhiei în producție, ea se desfășoară în mod spontan, duce la intensificarea exploatării oamenilor muncii, la ascuțirea contradicțiilor, la desfășurarea neuniformă a producției, la disproporții mari, la adâncirea crizelor. In socialism, desvoltarea planificată a tehnicii este una din manifestările acțiunii legii desvoltării planificate proporționale. — Marx spune — „economia de timp, precum și repartizarea planificată a timpului de muncă pe diferitele ramuri de producție, este prima lege economică a producției colective".

Zi de zi se manifestă grija părintească pe care Partidul și Guvernul nostru o arată oamenilor muncii, satisfacerii într'o măsură tot mai mare a necesităților lor materiale și culturale, mereu crescânde.

Hotărîrile Partidului și Guvernului cu privire la îmbunătățirea condițiilor materiale ale muncitorilor din industria carboniferă și ale ceferiștilor, ilustrează grija părintească față de oamenii muncii și demonstrează că, în centrul preocupării economiei noastre se află omul cu nevoile sale. Au fost sporite cheltuelile bugetare, pentru nevoile social culturale ale populației la peste 4,5 miliarde lei în 1952. Aproape 2.400.000 tineri învață în școlile și institutele de toate gradele. Sute de mii de oameni ai muncii sunt trimiși la odihnă și vindecare, în stațiile balneare și climaterice. In statul nostru democrat-popular, călăuzit de ideia internaționalistă a frăției între popoare, Partidul a lichidat regimul de asuprire națională și a asigurat deplina egalitate în drepturi a oamenilor muncii, fără deosebire de naționalitate, rasă sau credință religioasă.

Poporul nostru, condus de Partidul Muncitoresc Român si de Guvernul R.P.R. duce o politică nesovăitoare de pace si sprijină din toate puterile politica de pace a Statului Sovietic.

Răspunzând chemării Partidului, massele largi ale poporului nostru muncitor, consideră ca o datorie sfânta a lor să întărească necontenit Statul democrat-popular — principalul instrument al construirii socialismului — să lupte pe toate căile pentru întărirea unității dintre Partid, Guvern și popor. Respectarea strictă a legalității populare, a disciplinei de Stat, combaterea hotărîtă a oricăror manifestări de birocratism, ridicarea vigilenței împotriva activității dușmanului de clasă, sunt îndatoriri patriotice de cea mai mare însemnătate.

Partidul Muncitoresc Român este organizatorul tuturor victoriilor noastre, însuflețitorul și călăuzitorul de zi cu zi a poporului nostru. După înaltul exemplu al gloriosului P.C.U.S., Partidul nostru educă neîncetat massele de oameni ai muncii în spiritul patriotismului socialist și al internaționalismului proletar.

Sub conducerea Marelui Stalin, Uniunea Sovietică și-a îndeplinit cu cinste sarcinile internaționaliste, îndeplinind cu prisosință rolul de primă brigadă de șoc. Omenirea progresistă privește ca pe cel mai de preț bun al ei victoriile de însemnătate istorică mondială, pe care le dobândește prima și cea mai eroică brigadă de șoc a mișcării revoluționare și muncitorești mondiale, Uniunea Sovietică. Apariția noilor brigăzi de șoc, țările de democrație populară din Europa și Asia, a însemnat apariția lagărului socialismului, lagăr unit și puternic, în frunte cu Marea Țară a Socialismului biruitor, Uniunea Sovietică.

Aceasta a sporit imens forțele mișcării revoluționare și muncitorești internaționale, a creat temelia trainică a uriașei mișcări a popoarelor din lumea întreagă pentru apărarea păcii.

Pentru noi este o datorie de cea mai mare însemnătate de a fi strâns uniți în jurul Partidului de a lupta pentru unitatea rândurilor sale, pentru a face ca Partidul să-și îndeplinească cu cinste „...misiunea sa de forță conducătoare a construirii socialismului în Republica Populară Română, misiunea sa internaționalistă de forță conducătoare a uneia din „brigăzile de șoc" ale mișcării revoluționare și muncitorești internaționale" cum a spus tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej.

Roadele politicii internaționaliste se arată prin faptul că niciodată țara noastră nu a avut atâția prieteni și sprijinitori în toate colțurile lumii ca astăzi când ea își desfășoară activitatea sub steagul măreților idei leninist-staliniste și niciodată nu a fost cunoscută mai bine ca acum în cercurile mondiale.

Poporul nostru desfășoară o grandioasă activitate de construcție pașnică. El este profund atașat cauzei păcii. Politica de pace dusă consecvent de Statul democrat popular român, este expresia fidelă a intereselor și năzuințelor profunde ale poporului nostru, care muncește animat de hotărîrea neclintită de a contribui la întărirea păcii în întreaga lume.

Poporul român și-a manisfestat în ziua de 1 Mai hotărîrea de a întări și desvolta necontenit prietenia și alianța cu Marea Uniune Sovietică, de a cimenta prietenia și colaborarea frățească cu țările de democrație populară.

Sărbătorind cu sufletul plin de bucurie și de mândrie, dar și cu grija și vigilența ascuțită, ziua de 1 Mai, poporul român este hotărît să-și închine toate forțele pentru înflorirea și întărirea Patriei, pentru construirea unei vieți fericite, este hotărît să meargă înainte spre trimmful deplin al socialismului în țara noastră, să-și închine toate forțele luptei pentru apărarea păcii în lume.

Inflăcăratele chemări de 1 Mai ale Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Român au constituit pentru oamenii muncii din țara noastră un izvor de forță și de încredere.

„Oameni ai muncii de pe șantierele marilor construcții ale socialismului! Luptați necontenit pentru folosirea comlpectă și rațională a mașinilor, penrtu perfecționarea continuă a metodelor de muncă, pentru reducerea costului lucrărilor"!

„Muncitori și tehnicieni din industria energetică și electrotehnică! Asigurați fără întrerupere energia electrică pentru cerințele mereu crescânde ale economiei naționale! Munciți cu avânt pentru îndeplinirea Planului de electrificare a Patriei noastre".

Sub semnul acestor chemări, de o mare putere mobilizatoare, poporul muncitor își încordează forțele de muncă pașnică, creatoare pentru a întări Statul de democrație populară și capacitatea de apărare a Patriei, înconjoară cu toată dragostea forțele armate ale R.P.R., scut de apărare a păcii, independenței naționale, a suveranității de Stat și a cuceririrlor poporului muncitor.

Incadrați în avântul general, oamenii muncii din energetică își consacră toate forțele pentru lupta întru triumful deplin al socialismului, pentru apărarea păcii, pentru a sprijini cu încredere neabătută prin munca și realizările lor politica Partidului, care nu cunoaște interese mai înalte decât interesele poporului muncitor. Aceasta va fi contribuția muncitorilor, tehnicienilor, inginerilor și oamenilor de știință la cauza păcii!

Cauza păcii va învinge, fiindcă exprimă interesele vitale ale tuturor popoarelor!

O METODĂ NOUĂ DE DETERMINARE A DEBITELOR MAXIME

Ing. M. GOLDSTEIN și Ing. M. CONSTANTINESCU

Se expun în prezentul articol o serie de formule empirice pentru calculul debitelor maxime, formule determinate de autori pe baza materialului statistic strâns până în prezent pentru teritoriul țării noastre. Formulele se referă la stabilirea debitelor maxime provenite din ploi torențiale, la alura hidrografelor de viitură și la volumul lor.

Problema determinării debitelor maxime în dimensionarea construcțiilor hidrotehnice a format un obiect important de preocupare a cercetărilor în domeniul hidrologiei.

Rezultatul acestor preocupări s'a concretizat în diferite metode care depindeau de lungimea șirului de observațiuni și de calitatea acestora pentru stațiunea hidrometrică în studiu.

In Uniunea Sovietică, această problemă afost ridicată spre elucidare în anul 1946 de către Institutul Hidrologic și Institutul de Hidroproiectare, cari au convocat la Moscova un congres pentru studierea problemelor referitoare la debite maxime. Hotărîrile mai importante luate de congres s'au sintetizat în următoarele :

1. Chestiunile generale de normare a debitelor maxime.
2. Calculul debitelor maxime provenite din topirea zăpezilor.
3. Calculul debitelor maxime provenite din ploi torențiale.

Aceste hotărîri s'au concretizat prin standarde de Stat (GOST 3315/46 și GOST 3999/48).

Chestiunile de normare au condus la clasificarea construcțiilor hidrotehnice după capacitatea de producție, după destinație și după timpul de utilizare, indicându-se pentru fiecare categorie asigurarea ce trebue luată în calcul.

După proveniență, debitele maxime sunt clasificate în două mari grupe, indicate mai sus. Analizând mai amănunțit geneza debitelor maxime se pot lua în considerație — debitele intense ale apelor din topirea zăpetilor, debitele viiturilor cauzate de ploi torențiale, debitele viiturilor cauzate de ploi îndelungate, debitele rezultate din contribuția simultană a apelor de ploaie torențială și a apelor de desghet și debitele cauzate de contribuția simultană a apelor de ploaie toretială și a apelor provenite din topirea ghețarilor.

In țara noastră valorile cele mai ridicate ale debitelor maxime sunt provocate în general de căderea ploilor torențiale, care se produc atât în regiunile de munte ale Carpaților, cât și în regiunile de deal și câmpie.

Metodele de calcul ale debitelor maxime se împart în câteva categorii mai importante. Prima categorie utilizează statistica matematică și este aplicabilă la stațiunile hidrometrice, dotate cu un șir lung de observațiuni directe sigure.

A doua categorie utilizează corelațiile ce se pot stabili între debitele maxime la două stațiuni pe același râu sau în bazine învecinate dar cu condiții de scrugere similare : această metodă este aplicabilă când stațiunea studiată are observațiuni pe o perioadă scurtă, iar stațiunea cu care se corelează are observațiuni îndelungate.

A treia categorie de metode utilizează corelațiile între debitele maxime și precipitațiile maxime care cauzeată viiturile și este aplicabilă când stațiunea în studiu are observațiuni în perioada de producere a câtorva viituri.

A patra categorie utilizează formule indirecte de calcul stabilite pe regiuni, forme de relief, etc. și cari se aplică în cazurile în care nu se dispune de nici un fel de observațiuni.

In determinarea debitelor maxime, cele mai mari dificultăți se întâlnec în cazul râurilor nestudiate, la care nu se dispune de nici un fel de observațiuni.

In general, formulele folosite până în prezent erau cele ale lui Kresnik, Hofbauer, Iszkovski, etc., cari aveau însă în structura lor coeficienți ce puteau lua valori foarte variate, greu de determinat.

In afară de aceasta pentru alura viiturii și determinarea volumului ei, se proceda la aprecieri sumare și intuitive.

In ultimii ani, folosind experiența Uniunii Sovietice în acest domeniu, s'au aplicat diferite formule de calcul al debitelor maxime (exemplu : formulele Sokolovski, Cocerin, Poliakov, etc.). Față de formulele „clasice" acestea din urmă prezintă următoarele diferențieri :

— Se separă debitele maxime din topirea zăpezilor de cele din ploi torențiale.

— Se caută a se prinde în formulă factorii principali ce generează sau influențează debitele maxime.

— Parametrii fizico-geografici ce intervin în aceste formule sunt dați sub formă de izolinii pentru teritoriul U.R.S.S.

Aceste deosebiri fac ca formulele sovietice de calcul al debitelor maxime să conducă la rezultate mult mai apropiate de realitate, ele constituind un exemplu de prelucrare a datelor avute la dispoziție pentru generalizarea lor într'o formulă unică.

Bazați fiind pe cele arătate mai sus și având la dispoziție rezultatele studiilor hidrologice efectuate de Institutul de Studii și Proiectări

Energetice pentru o serie de bazine de recepție din țara noastră, s'a căutat să se stabilească o metodă generală de evaluare a debitelor maxime provenite din ploi torențiale, aplicabilă în cazurile inexistenței observațiunilor și măsurătorilor hidrometrice.

S'a ținut seamă în stabilirea metodei de următoarele premize :

1. Viiturile sunt proporționale cu precipitațiile medii căzute în bazinul de recepție respectiv.

2. Debitele specifice maxime sunt determinate de forma bazinului colector.

3. Ploile torențiale prezintă un centru de intensitate maximă iar precipitația maximă medie căzută în întreg bazinul descrește pe măsură ce suprafața bazinului crește.

4. Precipitațiile maxime în centrul ploilor torențiale prezintă valori deosebite după regiunile țării noastre și după relief.

5. Frecvența precipitațiilor maxime determină frecvența debitelor maxime.

6. Durata cea mai frecventă a ploilor torențiale maxime este apropiată de 6 ore.

7. In timpul viiturilor, infiltrațiile în bazin și în albia râului cresc și în lipsa unor evaluări mai precise compensează debitul de bază al râului (debitul ce s'ar fi scurs fără apariția ploii).

Studiul a fost condus urmărindu-se hidrografele unor viituri înregistrate la o serie de stațiuni limnimetrice. Pentru stabilirea legăturilor s'au redus hidrografele viiturilor în raport cu precipitațiile care le-au provocat. S'au determinat apoi caracteristicile bazinelor de recepție și suprafețele lor.

Pentru precipitații s'au urmărit ploile torențiale căzute în 24 ore la o serie de stațiuni pluviometrice, prelucrându-se observațiunile cu ajutorul curbelor de asigurare din statistică, determinându-se regiunile caracteristice din țara noastră.

Din legarea hidrografelor reduse cu precipitațiile maxime de o anumită frecvență au rezultat debitele maxime corespunzătoare

* * *

S'a definit ca hidrograf specific, unda de viitură provocată de 1 mm exces de precipitație (precipitație scursă) căzut în bazinul de recepție respectiv, în timpul mijlociu al ploilor torențiale maxime din țara noastră, adică în 6 ore. Asemenea hidrografe specifice au fost realizate în următoarele etape : s'au construit viiturile înregiatrate la diverse stațiuni, reprezentând variația debitelor în timp ; s'a izolat debitul de bază și excesul undei s'a planimetrat rezultând volumul în exces scurs ; repartizându-se pe suprafața bazinului a rezultat precipitația în exces care a provocat viitura ; s'au redus apoi ordonatele undei în exces în raport cu precipitația în exces, iar hidrograful rezultat s'a redus la o durată a precipitației de 6 ore rezultând hidrograful specific.

Elementele hidrografului specific și elementele fizice ale bazinului de recepție sunt următoarele : (vezi fig. 1).

F (km²) = suprafața bazinului de recepție ;

L (km) = lungimea râului pe firul văii dela secțiunea de studii până la isvoare.

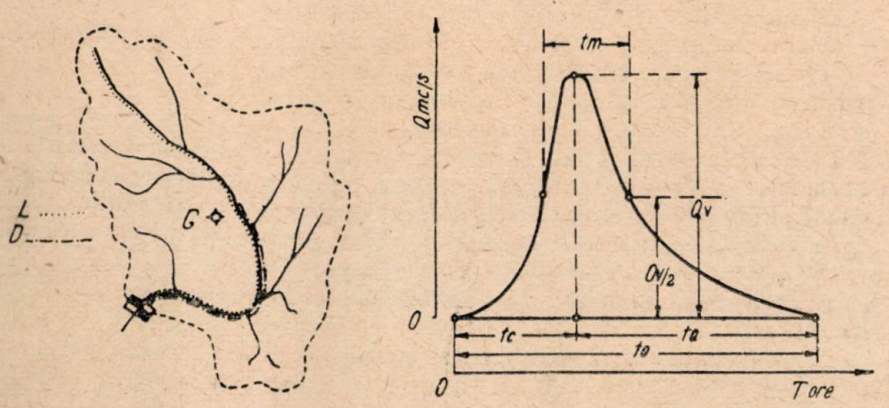


Fig. 1.

D (km) = lungimea râului pe firul văii dela secțiunea de studiu la proiecția pe râu a centrului de greutate al bazinului.

i (‰) = panta generală a râului până la secțiunea în studiu.

Q_v (m³/s) = debitul maxim de vârf al hidrografului specific.

q_v (l/s .km²) = debitul specific maxim (de vârf) al hidrografului specific.

h_c (mm) = precipitația maximă din centrul ploii torențiale.

h_m (mm) = precipitația maximă, medie pe bazin ;

t_0 (h) = durata totală a hidrografului specific ;

t_c (h) = durata dela începutul viiturei la vârful ei (timpul de creștere al viiturei).

t_d (h) = durata deal vârful viiturei la sfârșitul ei (timpul de descreștere al viiturei).

t_m (h) = lățimea viiturei la jumătate din valoarea debitului de vârf.

Debitul specific maxim la vârful hidrografului specific este determinat de forma bazinului colector. Corelația stabilită analitic a

dat un coeficient $r = 0{,}90$ arătând o legătură strânsă în formula :

$$q_v = \frac{135}{\sqrt[3]{L.D}} \qquad (1)$$

Debitul de vârf al hidrografului specific rezultă din amplificarea debitului specific cu suprafața bazinului de recepție, exprimându-se în m^3/s :

$$C_v = \frac{0{,}135.F}{\sqrt[3]{L.D}} \qquad (2)$$

Formula (2) permite determinarea debitului de vârf al hidrografului specific pentru orice bazin de recepție când i se cunosc elementele geografice, suprafața F și cele două lungimi L și D.

Deoarece într'o serie întreagă de probleme este necesar să se cunoască și forma viiturei, adică variația în timp a debitelor, în timpul viiturei, s'a căutat să se stabilească celelalte elemente ale hidrografului specific.

Pentru construirea hidrografului specific trebuesc stabilite : durata totală t_0, durata de creștere t_c, durata de descreștere t_d și lățimea medie t_m luată la jumătate din valoarea debitului de vârf Q_v. In general durata totală crește pe măsură ce debitul specific de vârf scade ; acest lucru exprimă faptul că la munte, la bazine mici, unde debitele specifice sunt mari, durata viiturilor este scurtă iar la bazine cu relief mixt și de întindere mare, unde debitele specifice sunt mici, durata viiturilor este lungă ; calculul duratei totale se face cu ajutorul relației :

$$t_0 = \frac{1100}{q_v} \qquad (3)$$

Durata de creștere t_c este determinată de lungimea râului pe care o parcurge unda de viitură și de viteza de propagare a ei, adică implicit de panta generală a firului văii principale. S'a stabilit în acest mod relația de legătura :

$$t_c = 30.lg\frac{L}{10 \cdot i} \qquad (4)$$

Durata de descreștere t_d este egală cu diferența $t_0 - t_c$.

S'a constatat în general că lățimea hidrografului specific la jumătatea înălțimii poate fi considerată ca fiind proporțională cu durata totală a hidrografului ; din prelucrarea materialului statistic a rezultat următoarea formulă :

$$t_m = \frac{t_0}{5{,}5} \qquad (5)$$

Pentru construirea hidrografului specific mai lipsește un element și anume volumul său.

Volumul hidrografului specific se calculează astfel :

— din excesul de precipitație căzut pe bazin :

$$V_c^{(m^3)} = 1000 \times i^{(mm)} \times F^{(km^2)} \qquad (6)$$

— din apa scursă pe râu :

$$V_s^{(m^3)} = 3600 \times Q_v^{(m^3/s)} \times t_0^{(ore)} \times a \qquad (7)$$

în care a reprezintă raportul între suprafața hidrografului specific și dreptunghiul circumscris

Cum aceste două formule trebuie să conducă la același volum al hidrografului specific rezultă :

$$\frac{V_s}{V_c} = \frac{3600 \cdot Q_v \cdot t_0 \cdot a}{1000 \cdot F} = \frac{3{,}6\, q_v \cdot t_0 \cdot a}{1000}$$

avem însă :

$$C_v \cdot t_0 = 1100$$

deci :

$$\frac{V_s}{V_c} = 3{,}6 \times 1{,}1 \times a = 1$$

de unde rezultă :

$$a \quad 0{,}25$$

Concluzia acestui rezultat se reflectă în următoarea condiție pe care trebuie să o îndeplinească hidrograful specific :

Suprafața hidrografului specific reprezintă 25% din suprafața dreptunghiului circumscris.

* * *

Studiindu-se precipitațiile maxime în 24 ore la peste o sută stațiuni pluviometrice din țara noastră și calculându-se curbele de asigurare corespunzătoare s'au putut stabili pentru țara noastră trei regiuni deosebite :

Zona I-a la Sudul Carpaților până la Dunăre, acoperind suprafața până în delta Dunării. In această regiune pentru bazinele mici de munte $h_{max.mediu} = 50$ mm, $C_v = 0{,}50$, $C_s = 1{,}50$ iar pentru bazinele cu relief mixt $h_{max.med.} = 45$ mm, $C_v = 0{,}50$, $C_s = 1{,}50$. Valorile de mai sus reprezintă precipitații maxime în 24 ore în centrul ploii iar C_v și C_s sunt coeficienții de variație și asimetrie cunoscuți în statistică, la calculul curbelor de asigurare. Legătura generală obținută între parametrii precipitațiilor maxime este :

$$C_s = 3 \cdot C_v \qquad (8)$$

Zona II-a la Estul Carpaților și deasupra Dunării are pentru bazinele cu relief muntos $h_{max.med} = 45$ mm, $C_v = 0{,}45$ $C_s = 1{,}35$ iar pentru bazinele cu relief mixt $h_{max\ med} = 40$ mm $C_v = 0{,}45$, $C_s = 1{,}35$.

Zona III-a cuprinde teritoriul țării dincolo de lanțul Carpaților la Nord și Nord Vest. In această zonă și în bazinele cu relief muntos $h_{max.med.} = 40$ mm, $C_v = 0{,}40$, $C_s = 1{,}20$ iar în bazinele cu relief mixt $h_{max.med.} = 35$ mm, $X_v = 0{,}40$, $C_s = 1{,}20$.

Cu aceste valori adoptate se obțin precipitațiile maxime în 24 ore, după relief și zonă și pentru diverse asigurări, în centrul ploii torențiale.

Ploi torențiale (h_c mm) *Tabela 1*

Zona	h_c în mm în bazine cu relief muntos la			h_c în mm în bazine cu relief mixt la		
	10 ani	100 ani	1000 ani	10 ani	100 ani	1000 ani
I	84	134	181	76	120	163
II	72	110	146	64	98	130
III	61	90	116	54	79	102

Valorile de mai sus h_c mm reprezentând cantitatea de apă în centrul ploii torențiale sunt utilizate pentru determinarea ploilor maxime medii pe bazine. Se consideră mai întâi că deși aceste precipitații sunt înregistrate în 24 ore, ele cad concentrat în 6 ore. Eventualele ploi secundare căzute în restul de 18 ore, însumând o cantitate redusă, reprezintă în general corecția ce trebuia adăogată în calculele statistice, dacă se ține seama că intervalul de timp pe care s'au calculat asigurările precipitațiilor este de cca 25 ani. Corecția aceasta de cca 20% conduce la adăogarea a 10—35 mm. care reprezintă ploile secundare din cele 18 ore ale zilei.

Determinarea precipitațiilor maxime pe bazin h_m în funcție de h_c s'a putut face pe baza izohietelor unor ploi torențiale reconstituite în câteva bazine. S'au luat bazine dela suprafețe mici la suprafețele mari și s'au translat izohietele în pozițiile cele mai defavorabile, așa încât o cât mai mare cantitate de precipitații să fie cuprinsă în bazine și prin planimetrări s'au determinat precipitațiile medii pe bazine. Cu un coeficient de corelație $r = 0{,}95$ s'au obținut relația :

$$k = \frac{h_m}{h_c} = \frac{1{,}8}{\sqrt[7]{F}} \qquad (9)$$

Cu elementele de mai sus se pot calcula debitele maxime provenite din ploi torențiale cu asigurarea necesară. Notându-se Q_p debitul cu asigurarea p, formula de calcul este :

$$Q_p = C_v \cdot I_{mp} = C_v \cdot k \cdot I_{cp}$$

$$C_p = \frac{0{,}135\,F}{\sqrt[3]{L.D}} \cdot \frac{1{,}8}{\sqrt[7]{F}} \cdot I_{cp}$$

$$Q_p = 0{,}243 \cdot h_{cp} \cdot I^{0{,}86} \cdot (L.D)^{-0{,}33} \qquad (10)$$

Dacă se notează $M_p = 0{,}243\ h_{cp}$ atunci formula finală devine :

$$Q_p = M_p \cdot I^{0{,}86}\ (L.D)^{-0{,}33} \qquad (11)$$

Coeficienții M_p depind numai de precipitațiile maxime și asigurarea dorită și se extrag din tabela 2.

Tabela 2

Parametrii M_p

Zona	Relief muntos			Relief mixt		
	10 ani	100 ani	100 ani	10 ani	100 ani	1000 ani
I	20,4	32,6	44,0	18,4	29,2	39,6
II	17,5	25,7	35,5	15,5	23,8	31,6
III	14,8	21,9	28,2	13,1	19,2	24,8

Expresia $E = I^{0.86}\,(LD)^{-0{,}33}$ s'a diagramizat pe o liniatură logaritmică (figura 2) în care se intră cu produsul LD (km²) și cu suprafața F (km²) iar în ordonate se găsește valoarea E.

Metoda de calcul ține seama de zona în care se găsește bazinul și de relieful lui prin intermediul precipitaților. Deasemenea de mărimea și forma bazinului de recepție. Cu ajutorul

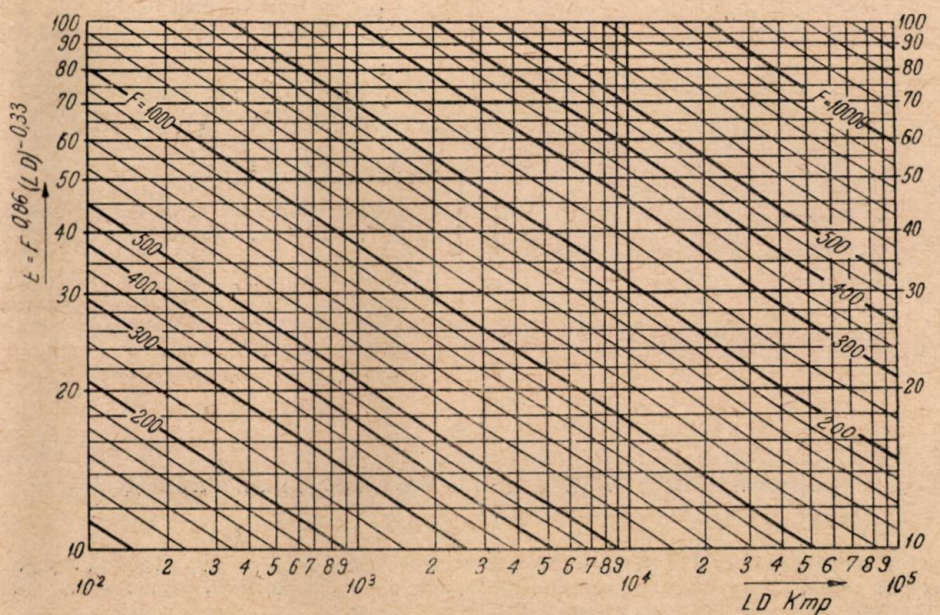


Fig. 2.

Cu relația de mai sus și tabela 1 se obțin precipitațiile maxime medii pentru orice bazin și asigurările mai importante indicate.

tabelei 2 și a diagramei 2, efectuarea calculului de face cu ușurință. Rezultatele obținute dau și frecvența respectivă a debitului.

S'au verificat rezultatele obținute cu această metodă în raport cu debitele maxime obținute statistic la stațiunile cu observațiuni directe mai îndelungate. Rezultatele prezintă abateri de cca 5% la asigurarea 0,1%, abateri de până la 10% la asigurarea 1% și mai mari la asigurarea de 10%.

Forma undei de viitură maximă se obține din hidrograful specific ale cărui ordonate se multiplică cu precipitația maximă medie în exces ce produce viitura.

Volumul viiturii maxime este dat de formula :

$$V_p = 0{,}25 \cdot Q_p \cdot t_0 \cdot 3600 = 900 \cdot Q_p \cdot t_0 \quad (12)$$

Valabilitatea formulelor, până la o verificare mai îndelungată a lor, va trebui să fie considerată numai pentru bazine având suprafața cuprinsă între 100 km² și 30.000 km².

* * *

Rezumăm în cele ce urmează, printr'un exemplu, numeric, formulele de calcul propuse :

Date :

Un bazin de recepție situat în sudul Carpaților, în regiune muntoasă are : $F = 500$ km² ; $L = 50$ km, $D = 21$ km, $i = 5\%_{00}$.

Rezultate :

1. Determinarea debitelor maxime.

— Din diagrama din fig. 2 rezultă $E = 20$.

— Din tabela 2 se extrage : $M_{1\%} = 20{,}4$: $M_{100} = 32{,}6$; $M_{1000} = 44{,}0$.

— Cu aceste valori se calculează debitele maxime :

$Q_{1\%} = 20{,}4 \times 20 = 408$ m³/s
$Q_{100} = 32{,}6 \times 20 = 625$ m³/s
$Q_{1000} = 44{,}0 \times 20 = 880$ m³/s

2. Determinarea formei undei de viitură.

— Din relația (1) rezultă :

$$C_v = \frac{135}{\sqrt[3]{50 \times 21}} 13{,}3 \text{ l/s .km}^2.$$

— Din relația (3) rezultă durata totală a hidrografului specific :

$$t_0 = \frac{1100}{13{,}3} = 83 \text{ ore}$$

— Din relația (4) rezultă durata de creștere a hidrografului specific :

$$t_c = 30 \cdot \lg \frac{50}{\sqrt{10 \times 5}} = 25 \text{ ore}$$

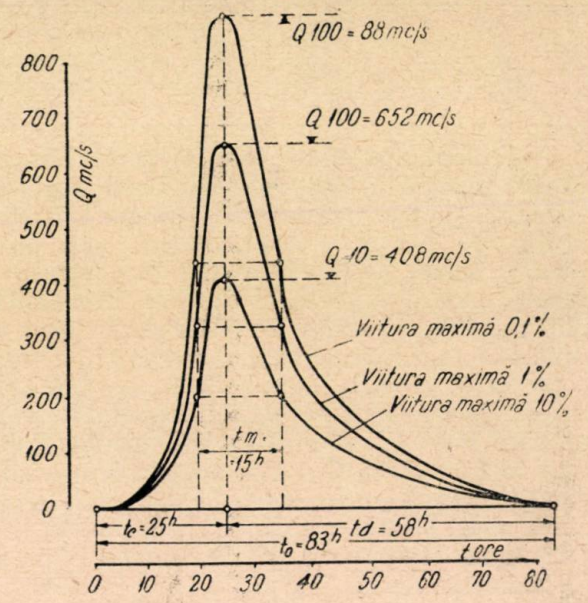


Fig. 3.

iar durata descreșterii :

$$t_d = 83 - 25 = 58 \text{ ore}$$

lățimea hidrografului specific la jumătate din înălțimea sa este :

$$t_m = \frac{83}{5{,}5} = 15 \text{ ore}$$

— Din relația (10) rezultă volumul viiturii maxime :

$V_{1\%} = 900 \times 508 \times 83 = 3{,}04$ mil .m³.
$V_{100} = 900 \times 652 \times 83 = 4{,}86$ mil .m³
$V_{1000} = 900 \times 880 \times 83 = 6{,}56$ mil .m³

— Cu ajutorul acestor rezultate s'au construit viiturile maxime din fig. 3.

Bibliografie

1. *Ghidroenergoproect* : Scurt îndreptar de calcule hidrologice.
2. *B V. Poliakov* : Calcule hidrologice la proectarea instalațiilor pe râuri cu bazine mici.
3. *A. V. Oghievski* : Hidrologia uscatului.
4. *Krilki și Menkel* : Calcule de economia apelor.
5. *A. A. Lucișeva* : Hidrologia practică.
6. *Creager* : Ingineria barajelor.
7. *I.M.C.* : Buletinele meteorologice lunare.

★

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ

Резюме

В настоящей статье излагаются ряд эмпирических формул для рассчета максимальных рас одов, определенных авторами на основании собранного до настоящего времени на террит рии нашей страны, статистического материала.

Формулы относятся к установлению максимальных расходов ливневых вод, положения паводковых гидрографов и их объема.

1134 Bu 11/54
LEFORDITVA
K. 9587

TEORIA ŞI CALCULUL TURNURILOR DE RĂCIRE

Prof. Dr. Ing. IOAN VLĂDEA

După ce, în prealabil, se examinează aerul umed, arătându-se utilitatea diagramelor aerului umed i-x şi i-t, se dă un rezumat al teoriei convecţiei combinată cu evaporarea şi se arată inexactitatea aşa numitei „legi a lui Lewis". Se dau, în articol, metode de calcul al turnurilor de răcire închise, bazate pe cercetări teoretice.

1. INTRODUCERE

Centralele termoelectrice cu condensaţie necesită pentru răcirea condensatorilor turbinelor o mare cantitate de apă de răcire. Astfel, o centrală termoelectrică necesită pentru răcire debite de apă de cca 40.000 m³/h la o putere instalată de 200 .000 kW şi de cca 23 .000 m³/h la o putere instalată de 100 .000 kW. De asemenea combinatele chimice cer în fabricaţie debite importante de apă de răcire.

Necesităţile de apă de răcire pentru combinatele chimice depind de natura fabricaţiei şi de mărimea acestora, atingând valori cuprinse între 5000 . . . 15.000 m³/h şi chiar mai mult.

Asigurarea unor debite atât de importante de apă de răcire nu se poate face totdeauna prin preluarea directă din râu, pe de o parte prin faptul că debitele acestora sunt inferioare în genere valorilor arătate mai sus, pe de altă parte prin faptul că acestea prezintă mari variaţii în cursul anului. Pentru aceasta, cu toate avantagiile pe care le oferă răcirea directă cu apă de râu (răcire în circuit deschis), este necesar să se recurgă la răcirea în circuit închis sau mixt.

Pentru asigurarea cantităţii de apă de răcire a condensatorilor în centralele termoelectrice, cât şi în procesele tehnologice din combinatele chimice, se aplică următoarele mijloace :

— răcirea cu curent deschis cu apă preluată din râu ;
— iazurile ;
— bazinele de stropit ;
— turnurile de răcire deschise ;
— turnurile de răcire propriu zise ;
— turnurile de răcire cu circulaţie naturală.

Problema răcirii a fost mult desbătută în revistele sovietice de specialitate, iar Institutul Unional de Termotehnică al U.R.S.S. a iniţiat o serie de cercetări, cari au dus la trasarea unor nomograme foarte utile studiului sistemelor de răcire cu apă în circuit închis.

Astfel s'a preconizat şi utilizat în U.R.S.S. metoda iazurilor naturale sau artificiale, ultimile fiind create în special pe lângă râuri, pentru a fi alimentate în mod continuu sau intermitent de acestea. Sistemul prezintă avantajul, faţă de utilizarea directă a apei de râu, că permite decantarea, deci micşorează depunerile în condensator. Iazurile constitue şi o rezervă importantă de apă pentru centrală. Ele necesită însă un curent de aer, care să antreneze vaporii formaţi la suprafaţa lor, deoarece efectul de răcire e datorit în special evaporării superficiale. Adesea iazurile necesită mari lucrări hidraulice ca : baraje, diguri deversoare, etc.

In cazul centralelor mai mici, se utilizează adesea în U. R. S. S. turnurile de răcire deschise care sunt mai uşor de confecţionat. Ele sunt expuse vântului, fiind plasate pe locuri deschise. Au desavantajul unor pierderi relativ mari de apă prin evaporare şi necesită vânturi regulate şi cu intensitate cât mai uniformă.

In cele ce urmează, va fi tratat însă cazul turnurilor de răcire închise, care are desigur multe puncte comune cu sistemele de răcire enumerate anterior, dar pune şi probleme speciale. Turnul de răcire închis nu depinde într'o măsură atât de mare de regimul vânturilor ca celelalte sisteme, deoarece curentul de aer necesar convecţiei şi evaporării e creat prin tiraj natural sau artificial.

2. TRANSMITERE DE CALDURA ŞI EVAPORARE

Modul de funcţionare al unei instalaţii de răcire se bazează în primul rând pe proprietatea aerului atmosferic de a absorbi vaporii de apă, până se atinge limita de saturaţie corespunzătoare temperaturii respective a aerului.

Apa în evaporare necesită căldură, pe care o ia în special dela restul apei rămase şi în mai mică parte, dela aerul care absoarbe vaporii. Se ştie că, aerul atmosferic conţine, pe lângă oxigen, azot şi celelalte gaze şi o anumită cantitate de vapori de apă. Raportul dintre aceasta cantitate x kg/kg şi cantitatea maximă de vapori de apă x' kg, pe care o poate conţine 1 kg aer la aceeaşi temperatură, se numeşte gradul de saturaţie şi se notează $\psi = x/x'$.

Deci x este conţinutul momentan de vapori de apă dintr'un kg aer umed.

Cantitatea x la o anumită temperatură este funcţiune de presiunea vaporilor de apă în amestecul de aer şi vapori. Această presiune se calculează deobicei cu următoarea formulă

empirică pentru cantitatea x kg/kg de vapori de apă :

$$P' = P_s - \frac{1}{2}\frac{B}{755}(t' - \tau)\ \text{kg/m}^2 \qquad (1)$$

unde P_s kg/m² este presiunea de saturație a vaporilor de apă la temperatura t' indicată de termometrul uscat al unui psichrometru, B e presiunea barometrică momentană în mm Hg și τ e temperatura indicată de termometrul umed al psichrometrului. Valoarea presiunii P_s se ia din tabelele pentru aer umed.

Raportul presiunilor parțiale $\varphi = P'/P_s \cdot 100\,\%$ se numește *umiditate relativă*. Între ψ și φ nu e decât o deosebire neglijabilă, așa că se poate utiliza unul în locul celuilalt. De obicei se lucrează cu φ.

a) *Diagrama $i - x$.*

Urmărirea transformărilor din domeniul aerului umed se face foarte ușor cu ajutorul diagramei $i - x$, din fig. 1. In această diagramă se ia în abscisă x, iar pe o coordonată oblică entalpia i a unui kg aer umed. Diagrama a fost trasată pentru presiunea barometrică de 745 mm Hg. In dreapta se află o scară pentru presiunea parțială P' a vaporilor de apă în amestec în mm Hg. Isotermele sunt niște drepte puțin înclinate față de orizontală. Curbele de umiditate relativă constantă sunt trasate pentru

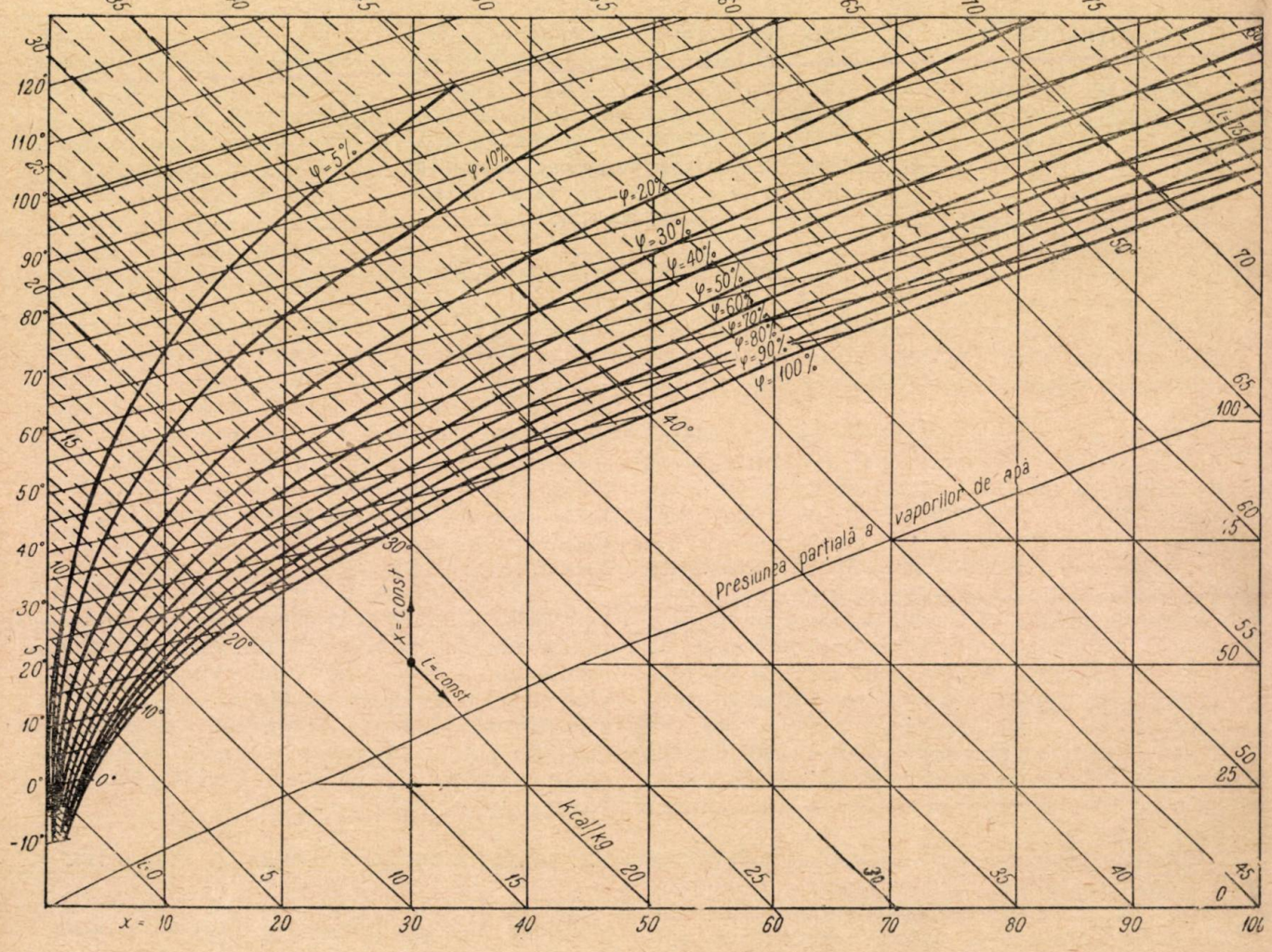


Fig. 1.

5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 și 100%. Ultima curbă desparte domeniul saturat (jos spre dreapta) de domeniul supraîncălzit, adică al aerului nesaturat.

Dacă trece aer umed cu starea inițială cunoscută, dar nesaturată, peste o suprafață de apă (sau ghiață), se formează un strat limită, a cărui temperatură e egală cu temperatura lichidului și a cărui umiditate atinge valoarea de saturație corespunzătoare acestei temperatrui. Apa se va evapora sau se va precipita sub formă de rouă sau brumă, după cum x inițial al aerului e mai mic sau mai mare decât gradul de saturație dela suprafață. In timpul acestor transformări variază și temperatuta apei, care tinde spre valoarea limită τ, la care izoterma de ceață din diagrama $i - x$, prelungită dincolo

de curba limită, trece prin punctul stării inițiale. Temperatura τ se numește *limită de răcire.*

In cazul când aerul cu temperatura t_1' și umiditatea φ_1, trebue uscat până la umiditatea corespunzătoare cuplului φ_2 și t_1'. Apa produsă prin condensare se va îndepărta și apoi aerul ajuns la temperatura t_2' se va încălzi din nou până la temperatura t_1'.

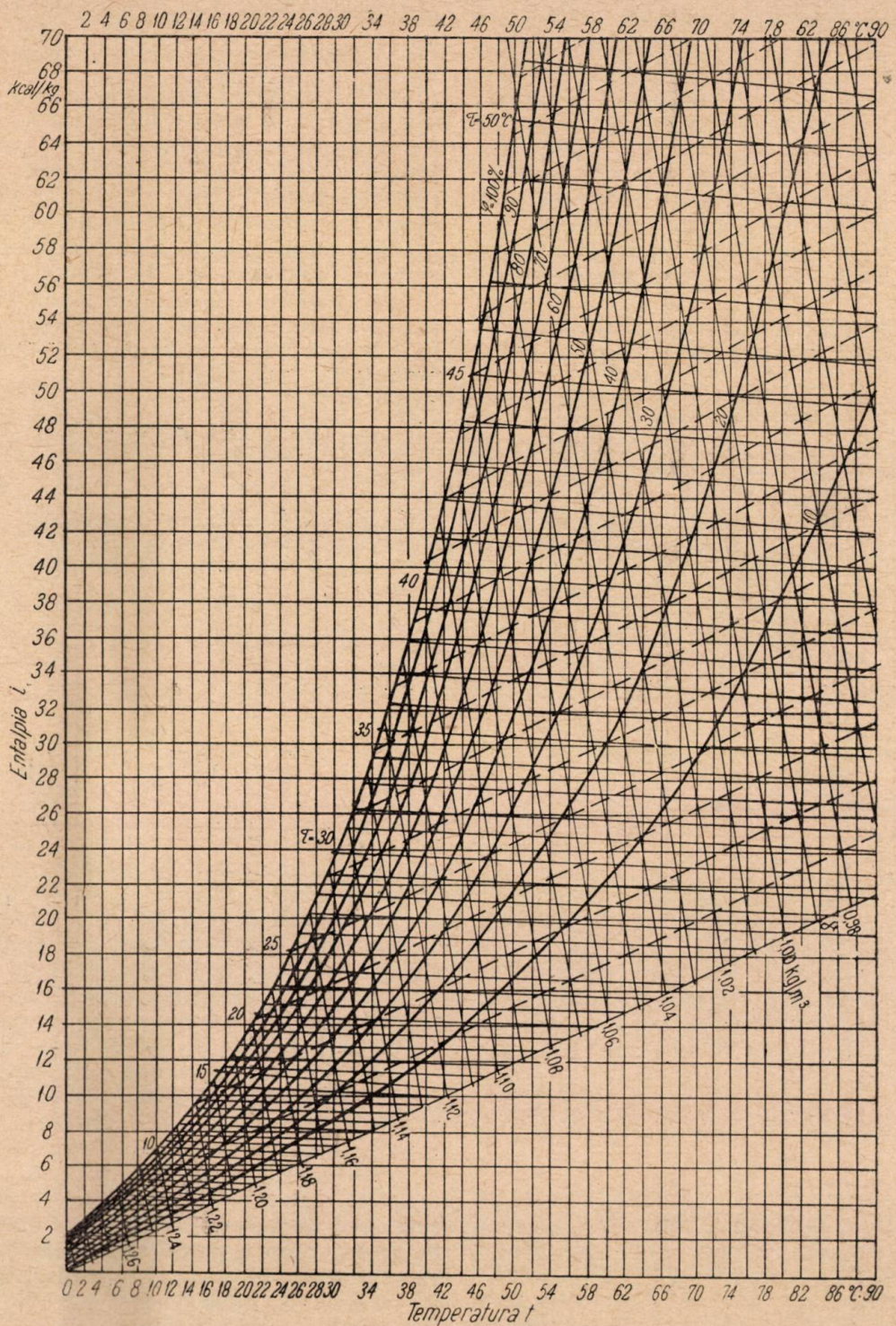


Fig. 2.

φ_2, el se va răci după o dreaptă de conținut constant de vapori, până se atinge curba de saturație și apoi mișcarea se va face pe curba de saturație, până se atinge umiditatea x'

b) *Diagrama $i - t$*

In loc de diagrama $i - x$, unii autori propun utilizarea diagramei $i - t$ de felul celei din fig. 2.

Această diagramă are avantajul că, principalele coordonate sunt rectangulare, pe când în diagrama $i - x$ ele sunt oblice. In diagrama $i - t$ apar următoarele mărimi importante pentru starea aerului umed : entalpia i, temperatura t', conținutul de vapori de apă x' (linii punctate oblice), umiditatea relativă φ și greutatea specifică γ. Tot în această diagramă sunt trasate și niște linii aproape orizontale, cari dau pe τ, adică temperatura termometrului umed. In această diagramă, câmpul aerului saturat se află la colțul din stânga sus. Linia pentru $x = 0$, deci și $\varphi = 0\%$, care dă aerul complect uscat, e o dreaptă puțin înclinată, începând dela colțul din stânga jos. Această linie, împreună cu linia de saturație, delimitează întreg domeniul diagramei utile.

In fig. 3 se vede modul cum se urmărește în diagrama $i - t$ uscarea aerului prin răcire

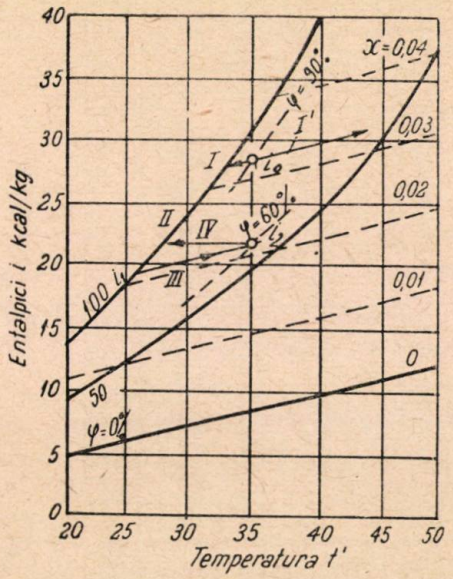


Fig. 3.

și reîncălzire. Aerul se va răci până se atinge pe curba de saturație conținutul de apă dorit și apoi aerul se încălzește din nou după o dreaptă cu x constant.

c) *Transmiterea de căldură cu schimb de substanță*

Chiar fenomenul pur de transmitere a căldurii prin convecție e un fenomen complex depinzând de felul curentului de fluid, de viscozitatea acestui fluid, de asperitățile solidului care delimitează curentul de fluid, etc. Convecția pură are loc atunci când curentul de fluid e delimitat de o suprafață solidă, deci atunci când între acest fluid și limitatorul său nu poate exista și un schimb simultan de substanță.

Căldura schimbată în timpul z în aceste condițiuni se propagă prin convecție numai în afara stratului limită, pe când în interiorul acestuia propagarea se face prin conducție. De aceea se poate scrie, pe baza legii continuității fluxului de căldură :

$$W = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial x}\right) \cdot S = \alpha (t_p - t_1) \cdot S \qquad (2)$$

unde λ e coeficientul de conducție al fluidului, $\frac{\partial t}{\partial x}$ e gradientul mediu de temperatură la suprafața solidului, după normala x la această suprafață S, α e coeficientul de convecție, t_p e temperatura suprafeței solide și t_1 e temperatura din mediul fluid, la o distanță suficientă dela suprafață. Ecuația (2) e greu de rezolvat direct, de aceea s'a făcut apel la metoda similitudinii termice, adică a asemănării câmpurilor termice, metodă care se servește numai de câțiva coeficienți fără dimensiuni, cari îmbrățișează complexitatea fenomenelor. Astfel se scrie relația, care poate da coeficientul α din formula (2), sub forma :

$$\frac{\alpha d}{\lambda} = \Phi\,(Re,\ Pr) \qquad (3)$$

în care $Re = \frac{w.\,d}{P}$ e coeficientul *Reynolds*, care caracterizează natura curentului, iar $Pr = \frac{P}{a}$ e coeficientul *Prandtl*, care caracterizează fenomenele de transmitere din stratul limită.

S'a folosit funcția Φ Nusselt sub forma :

$$\frac{\alpha d}{\lambda} = b_1 \left(\frac{w.\,d.}{P}\right)^{m_1} \cdot \left(\frac{\nu}{a}\right)^{n_1} \qquad (4)$$

unde b_1 e un coeficient experimental, ν e viscozitatea cinematică a fluidului în m^2/s și $a = \lambda \gamma c_p$ în m^2/s. Exponenții m_1, și n_1, urmează a fi determinați tot pe cale experimentală.

Dacă însă scurgerea unui gaz e limitată de suprafața lichidă, între gaz și lichid va exista și o diferență de presiune parțială. Concomitent cu schimbul caloric se produce și un schimb de substanță care modifică legile schimbului caloric. Dacă aerul nesaturat cu vapori de apă spală o suprafață de apă, între el și apă se va produce un schimb de substanță, deoarece o parte din apă va trece sub forma de vapori datorită diferenței presiunii parțiale a vaporilor de apă, care-i mai mare (cea de saturație) la suprafața apei decât în interiorul masei de aer. In acelaș timp o parte echivalentă de aer se va amesteca în apă, fiind disolvat în ea. Greutatea vaporilor de apă intrați în aer e dată de o formulă analoagă celei de conducție și convecție de sub (2) :

$$G = -\frac{k}{Rt}\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) Sz = \frac{\beta Sz}{RT}(P_p - P_1) \qquad (5)$$

unde k e coeficientul de difuziune în m^2/h, R

constanta gazului, T temperatura lui absolută în locul considerat, $\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right)$ e gradientul de presiune normal pe suprafață, β e coeficientul de schimb de substanță în m/h, P_p e presiunea parțială a vaporilor de apă la suprafața apei și P_1 e presiunea parțială a acestora în masa aerului.

Și pentru coeficientul β Nusselt propune tot o lege similară cu cea pentru α, adaptată sub forma :

$$\frac{\beta d}{k} = \psi\left(Re , \frac{P}{k} \right) \qquad (6)$$

Se dă însă și pentru ψ aceeași formă ca și pentru Φ și astfel formula (6) devine :

$$\frac{\beta d}{k} = b_2 Re^{m_2} \left(\frac{P}{k} \right)^{n_2} \qquad (7)$$

unde b_2, m_2 și n_2 urmează a se determina experimental.

Dacă transmiterea de căldură și schimbul de substanță au suprafețe de delimitare geometric asemenea, se poate spune că :

$$b_1 = b_2 = b \; ; \; m_1 = m_2 = m \text{ și } n_1 = n_2 = n \qquad (8)$$

Dacă se utilizează în loc de presiunile parțiale cantitățile x de vapori de apă din aer la suprafețe de delimitare și în masa aerului, atunci schimbul de substanță se poate scrie sub forma :

$$G = \sigma (x_p - x_1) \; S \qquad (9)$$

unde :

$$\sigma = \beta \frac{P_0}{Rt} = \beta\gamma \qquad (10)$$

P_0 fiind presiunea totală a aerului umed, iar R constanta aerului umed $\left(R = 29{,}5 \frac{\text{kg. m}}{\text{kg, }^0\text{C}} \right)$.

Scriind raportul expresiunilor (4) și (7) și ținând seama și de (8) se obține :

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\lambda}{k} \left(\frac{k \gamma c_p}{\lambda} \right)^n \qquad (11)$$

Exponentul n se poate lua cca 2/3, deci formula (11) se poate scrie :

$$\frac{\alpha}{\beta} = \sqrt[3]{\left(\frac{\lambda^2 \gamma c_p}{k^2} \right)^2} \qquad (12)$$

Utilizând și relația (10), se poate scrie :

$$\frac{\alpha}{\sigma} = \left(\frac{\lambda}{\gamma k} \right)^{4/3} p^{2/3} \qquad (13)$$

Din formula (4) se poate determina valoarea lui α, dacă se determină valoarea lui b, a lui m și a lui n în mod experimental :

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} \; b \left(\frac{w d}{P} \right)^m \cdot \left(\frac{P \gamma c_p}{\lambda} \right)^n \qquad (14)$$

sau :

$$\alpha = b' \frac{w^m \; d^{m-1}}{\lambda^{n-1}} \left(\gamma c_p \right)^n \qquad (14a)$$

unde $b' = b \cdot P^{n-m}$

Având în vedere că diametrul nu are sens în formula (14a), în locul acestei dimensiuni geometrice din coeficientul Re, trebue introdusă lungimea canalului l, deci formula devine :

$$\alpha = b' \frac{w^m \; l^{m-1}}{\lambda^{n-1}} \left(\gamma c_p \right)^n \qquad (14b)$$

Din încercările practice rezultă ca $m = n = 2/3$, deci :

$$\alpha = b' \left(w \gamma c_p \right)^{2/3} \left(\frac{\lambda}{l} \right)^{1/3} \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^0\text{C}$$

iar $b' = 15{,}8$, deci :

$$\alpha = 15{,}8 \left(w \gamma c_p \right)^{2/3} \left(\frac{\lambda}{l} \right)^{1/3} \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^0\text{C} \qquad (14c)$$

3. TEORIA LUI LEWIS

Să imaginăm un canal dreptunghiular infinit de lung, închis într'o încăpere izolată termic. Pe fundul acestui canal se află un strat subțire de apă, al cărui coeficient de conducție în sens longitudinal e nul pe când în sens transversal e infinit. Aceste proprietăți se pot presupune că sunt realizate, dacă se imaginează că apa e împărțită prin pereți transversali adiabatici h, dispuși la distanțe foarte mici unul de altul. In compartimentele k născute astfel, apa e încontinuu agitată, astfel că temperatura apei e constantă în sens transversal în canal. Se consideră apoi că apa evaporată într'un anumit loc dG e imediat înlocuită cu apă cu aceeași temperatura t. Aceasta presupune că nu se produce niciodată uscarea canalului. Coordonata longitudinală a canalului este y, deci la intrarea în canal $y = 0$.

Prin acest canal trece în mod continuu un curent constant de aer L (kg/h), având caracteristicile t_1', φ_1. In lungul canalului valoarea lui φ va crește mereu. Deoarece canalul se află într'o incintă adiabatică, evaporarea se produce numai prin căldura cheltuită din energia interioară a aerului, deci temperatura aerului t' va scădea. In regim permanent t', t și φ vor depinde numai de y. La infinit se vor egaliza temperaturile și umiditățile.

Dacă se aplică acum acestei experiențe imaginare, ecuația transmiterii de căldură și legea

constanței energiei, pentru un element dy, se poate scrie :

$$dQ = \alpha (t' - t)\, dy = - c_p . L \cdot \frac{dt'}{dy} \cdot dy \quad (15)$$

Căldura specifică c_p se ia constantă, ceeace-i admisibil pentru variațiile mici, pe cari le suferă conținutul procentual de apă al aerului. Ecuația, care dă cantitatea de apă evaporată pe lungimea dy se va scrie :

$$dG = \sigma (x' - x)\, dy = L \frac{d\varphi}{dy} dy \quad (16)$$

Valoarea lui x' e funcție de temperatura apei t, deci :

$$x' = f(t)$$

Insă $dQ = r d G$, unde r e căldura de vaporizare a apei în $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$,

deci :

$$- c_p \cdot L \cdot \frac{dt'}{dy} = r \cdot L \cdot \frac{d\varphi}{dy} \quad (17)$$

Problema e deci complet exprimată prin următoarele trei ecuații diferențiale :

$$- c_p \cdot L \cdot \frac{dt'}{dy} = \alpha (t' - t) \quad (18)$$

$$L \frac{d\varphi}{dy} = \sigma (x' - x) \quad (19)$$

$$- c_p \frac{dt'}{dy} = r \frac{d\varphi}{dy} \quad (20)$$

Condițiile limită sunt :

$$x = 0,\ t' = t'_1 \quad (21)$$

$$x = 0,\ \varphi = \varphi_1 \quad (22)$$

Lewis integrează ecuația (20) dar în loc de a introduce condițiunile (21) și (22), pune condiția ca la infinit $\varphi = \varphi_\infty$ și $t' = t'_\infty$. Aceste valori limită se iau drept constante și cunoscute, deci integrarea ecuației (20) dă :

$$\varphi = \varphi_\infty - \frac{1}{r} c_p (t' - t'_\infty) \quad (23)$$

Dacă se înmulțește ecuția (19) cu r și se împarte ecuația (18) prin ecuația (19), se obține cu ajutorul ecuației (17) :

$$\varphi = 1 - \frac{1}{r} \frac{\alpha}{\sigma} (t' - t) \quad (24)$$

Lewis pune în ecuația (24) identitatea $t'_\infty = t = \text{const.}$ și $\varphi_\infty = 1$, deci temperatura apei în canal e constantă și în sens longitudinal.

Comparând coeficienții ecuațiilor (23) și (24) se deduce :

$$\frac{\alpha}{\sigma} = c_p \quad (25)$$

Presupunerea aceasta nu reprezintă însă de fapt decât un caz particular, deoarece temperatura apei în canal nu va rămâne constantă nici în sens longitudinal. Dacă se ia ecuația $x' = f(t)$ și se introduc în ea condițiile de limită (21) și (22), diminuându-se φ se obține :

$$\frac{\alpha}{\sigma} t + r f(t) = r c_{p\infty} - c_p t'_\infty + \left(\frac{\alpha}{\sigma} - c_p\right) t' \quad (26)$$

Dacă t ar fi constant, atunci în membrul din dreapta ar trebui să intervină numai mărimi constante. Insă în acest membru intervine și t' care depinde de y, deci și t trebue să fie dependent de y. Dacă însă din întâmplare $\frac{\alpha}{\sigma} = c_p$ atunci $t = \text{const.}$, însă reciprocă nu e adevărată, adică din ecuația (26) nu rezultă că $\alpha/\sigma = c_p$ dacă $t = \text{const.}$

Relația corectă dintre α și σ e cea din formula (13). Atât transmiterea de căldură, cât și evaporarea sunt fenomene dinamice, deci trebue presupus dela început că în ecuația lui α/σ trebue să intervină constantele difuziunii k și conducției termice λ.

Dacă însă în relația (13) se pune :

$$\frac{\lambda}{\gamma k} = c_p \quad (27)$$

atunci relația (13) devine identică cu relația (25). Pentru cazul apei și aerului se poate lua valoarea :

$$\frac{\lambda}{\gamma k c_p} = 0{,}9 \ldots 1{,}5$$

De fapt după experiențele mai recente, relația (25) se poate scrie :

$$\frac{\alpha}{\sigma} = 0{,}5 \ldots 1{,}5\, c_p \quad (28)$$

și anume la turnurile cu prelingere coeficientul e 0,6 . . .0,8 iar la cele cu picurare 1,2 . . .1,5.

4. CALCULUL TURNULUI DE RACIRE

a) *Considerațiuni generale.*

Din toate cele spuse mai sus s'a văzut că un turn de răcire evacuează o cantitate Q kcal/h de energie termică, din apa care-i parvine. Dacă G kg/h e debitul de apă caldă, care intră în turn cu temperatura t_1, iar G' kg/h e debitul de apă, care se evaporează în timpul răcirii în turn, atunci la ieșirea apei

prin partea inferioară a turnului se va colecta debitul $G - G'$ cu temperatura t_2. Dacă se admite că fenomenul de evaporare se produce liniar în lungul înălțimii zonei de prelingere sau picurare, atunci căldura, care trebue evacuată din apă, va fi :

$$Q = \left(G - \frac{G'}{2}\right)(t_1 - t_2) \text{ kcal/h} \qquad (29)$$

Bine înțeles că și restul $G'/2$ de apă evaporată trece în aer cu căldura sa sensibilă, așa că aerul preia de fapt căldura $G(t_1 - t_2)$. Se presupune că întreaga instalație se află cuprinsă într'o incintă adiabatică, deci nu există schimb de căldură între ea și mediul ambiant. Această presupunere simplificatoare va fi înlăturată la sfârșit printr'un coeficient de corecție.

Dacă această căldură ar fi eliminată numai prin evaporarea debitului G' de apă, s'ar putea scrie egalitatea :

$$Q = G' r \text{ kcal/h} \qquad (30)$$

unde r e căldura de vaporizare a apei la temperatura $\frac{t_1' + t_2'}{2}$ a aerului ambiant. Prin această evaporare umiditatea relativă a aerului, care trece prin turn, va crește dela φ_1 la φ_2, deci conținutul de apă dela $x_1 = \varphi_1 x'$ la $x_2 = \varphi_2 x'$ (In prima aproximație se neglijează variația de temperatură a aerului, deci și variația lui x' cu această temperatură). Prin x' kg/kg se înțelege conținutul în vapori de apă al unui kg de aer umed, când se ajunge la saturație. Valoarea lui x' depinde de temperatură, deoarece ea e funcțiune de presiunea parțială a vaporilor de apă în aerul umed iar această presiune la rândul ei e funcțiune de temperatură.

Entalpia aerului umed crește prin acest spor de umiditate chiar fără variația temperaturii, dela i_1 la i_2 cum se poate vedea și în diagrama $i - x$ sau $i - t$, dacă transformarea se produce după o izotermă. Ecuația de conservare a energiei, în acest caz simplificat, se poate scrie :

$$Q \text{ evap.} = \left(G - \frac{G'}{2}\right)(t_1 - t_2) = G' \cdot r =$$

$$= L(i_2 - i_1) = L\, r\, (x_2 - x_1) \qquad (31)$$

In aceste ecuații L kg/h e debitul de aer, necesar să circule prin turn în aceste condiții.

In realitate temperatura aerului nu se menține constantă în decursul trecerii sale prin turn, și anume din două motive : *a*) aerul are schimb de căldură cu apa prin convecție și *b*) vaporii de apă formați și antrenați de aer au o temperatură intermediară între cea de intrare și cea de ieșire a apei din turn, după locul unde se formează, deci noua temperatură se va stabili conform legii amestecurilor. In consecință aerul va mai acumula în el o cantitate de căldură, peste cea de mai sus, egală cu :

$$Q \text{ conv.} = L \cdot c_p \cdot (t_2' - t_1') \text{ kcal/h} \qquad (32)$$

unde $c_p = (1 - x)\, c_{pa} + x\, c_p$ kcal/kgr,°C e căldura specifică a aerului umed, formată din c_{pa} căldura specifică a aerului uscat (cca 0,24 kcal/kg, °C) și c_p căldura specifică a vaporilor de apă la saturație și la presiune foarte joasă (presiunea parțială) (cca 0,46 $\frac{\text{kcal}}{\text{kg, °C}}$).

Se notează cu t_1' temperatura aerului la intrarea în turn și cu t_2' cea dela ieșire, iar cu t_1 temperatura de intrare a apei și cu t_2 cea de ieșire. Se poate deci scrie $t_2' > t_1'$ și $t_1 > t_2$.

Diferența

$$\Delta t = (t_1 - t_2)°C \qquad (33)$$

caracterizează, împreună cu debitul G, capacitatea de răcire a turnului. După datele experimentale existente se poate lua Q conv. $= 0{,}20 \ldots 0{,}25\ Q$, adică pentru evaporare mai rămân $80 \ldots 75\%$ din căldura totală de evacuat.

Din cauza variației de temperatură a aerului, nici valoarea lui x' nu se mai menține constantă în lungul turnului, așa cum a fost presupusă în prima aproximație. Pentru determinarea umidității relative a aerului la intrare și la ieșire, va trebui să utilizăm ecuațiile :

$$\varphi_1 = x_1 / x_1' \quad \text{și} \quad \varphi_2 = x_2 / x_2' \qquad (34)$$

și nu cele utilizate pentru transformarea izotermă.

Căldura totală cedată de apa caldă aerului din turn va fi deci :

$$Q = Q \text{ evap} + Q \text{ conv.} = L(i_2 - i_1) =$$
$$= G' r + L \cdot c_p (t_2' - t_1') \qquad (35)$$

unde i_1 și i_2 nu mai au acum aceleași valori ca mai sus, din cauza că în valoarea entalpiei aerului nu intră de fapt numai aportul umidității aerului, ci și cota parte a convecției. Se poate scrie deci :

$$i = (1 - x)\, c_{pa} \cdot t + x\, (c_{pv} \cdot t + r) \qquad (36)$$

In relația (36) rămâne valabilă convenția care spune că entalpia aburului la O°C e nulă. Ecuația (36) particularizată dă :

$$i_2 = (1 - x_2) \cdot c_{pa} \cdot t_2' + x_2 (c_{pv} \cdot t_2' + r_2)$$
$$i_1 = (1 - x_1) \cdot c_{pa} \cdot t_1' + x_1 (c_{pv} \cdot t_1' + r_1) \qquad (36a)$$

Având în vedere că diferența dintre t_1' și t_2' e relativ mică (max. 25°C) se poate admite

pentru r valoarea medie $r_1 \cong r_2 \cong 580 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$, deci se poate scrie:

$$i_2 = (1 - \varphi_2 x_2') 0{,}24\, t_2' + \varphi_2 x_2' (0{,}46\, t_2 + 580)$$
$$i_1 = (1 - \varphi_1 x_1') 0{,}24\, t_1' + \varphi_1 x_1' (0{,}46\, t_1' + 580) \quad (37)$$

In aceste condiţiuni, ecuaţia (35) se poate scrie:

$$\left(G - \frac{G}{2}\right) \cdot \Delta t' = L (i_2 - i_1) =$$
$$= L [(1 - \varphi_2 x_2') 0{,}24\, t_2' + \varphi_2 x_2' \cdot$$
$$\cdot (0{,}46 t_2' + 580) - (1 - \varphi_1 x_1') 0{,}24\, t_1' -$$
$$- \varphi_1 x_1' (0{,}46\, t_1' + 580)] \quad (38)$$

In general apa pierdută în turn numai prin evaporare, deci G' kg/h reprezintă cca 1,0 ... ...3,0% din G adică $G' = 0{,}010 \ldots 0{,}030\ G$. In prima aproximaţie se poate deci neglija $G'/2$, faţă de G. Apa pierdută prin antrenare de către aer sub formă de picături ia parte infimă la schimbul de căldură şi anume numai prin căldura sa sensibilă, care se poate neglija.

Din formula (38) se poate calcula debitul de aer, necesar pentru a răci debitul de apă G, între temperaturile $t_1 - t_2 = \Delta t$:

$$L = \frac{G \cdot \Delta t}{(1 - \varphi_2 x_2') 0{,}24\, t_2' + \varphi_2 x_2' (0{,}46\, t_2 + 580) - (1 - \varphi_1 x_1') 0{,}24\, t_1' - \varphi_1 x_1' (0{,}46\ t_1' + 580)} \quad (39)$$

In această formulă mărimile cunoscute sunt G, t_1' şi $\varphi_1 x_1'$ iar Δt este impus, pe când G' se apreciază cum am văzut. Mărimile necunoscute sunt t_2' şi $\varphi_2 x_2'$. Determinarea experimentală a lui φ_2 la turnurile existente, e oarecum incertă, din cauza dificultăţilor de măsurare. Intr'adevăr chiar în cazul tirajului natural, aerul conţine şi particule de apă antrenată, cari se depun pe rezervorul termometrului uscat şi-i falsifică indicaţiile. După experienţe numeroase, făcute în condiţii foarte variate cu mai multe turnuri de racire, umiditatea relativă φ_2 măsurată cu psichrometrul şi cu higrometrul e de cca 96 ... 100%. Aceasta înseamnă că se poate lua fără eroare prea importantă $\varphi_2 = 1{,}0$.

In acest caz singura necunoscută reală e t_2', deoarece atunci când t_2' e cunoscut, valoarea lui x_2' e dată şi ea univoc de tabele sau de diagrame. Diferenţa de temperatură $t_2' - t_1'$ depinde însă de suprafaţa de contact dintre apă şi aer, de temperatura t_1' de intrare a apei în turn ,de încărcarea specifică a turnului (densitatea ploii) şi de cantitatea specifică de aer care circulă prin turn.

In calculul turnurilor de răcire s'au introdus doi coeficienţi de similitudine, Unul e *coeficientul de aer* sau cantitatea specifică de aer, definită ca raportul:

$$\lambda = \frac{L}{G} \frac{\text{kg/k}}{\text{kg/h}} \quad (40)$$

deci un număr fără dimensiuni, iar celălalt e *densitatea ploii* care-i echivalentă cu încărcarea suprafeţei S_1 de bază a turnului:

$$q = \frac{G}{S_1} \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} = \text{m/h} \quad (41)$$

In general λ variază între 0,45 ... 0,8 la turnurile cu tiraj natural şi ajunge până la 1,5 la turnurile cu tiraj artificial. Cu cât valoarea lui λ e mai mică, cu atât aerul trebue să se încălzească mai mult, pentru a prelua toată căldura. Ca limită maximă pentru temperatura de ieşire t_2' a aerului din turn se va considera temperatura t_1 de intrare a apei, deci $t_2' > t_1$.

Valoarea lui q variază în limite mai largi, depinzând de $\Delta t'$ în primul rând şi apoi de t_1. Se poate lua pentru turnurile mai mici $q = 2 \ldots$ ... 6 m/h, iar pentru cele mai mri (hiperbolice din beton armat şi cu suprafaţa de prelingere construită special) $q = 5 \ldots 13$ m/h.

Debitul de aer, care trebue să treacă prin turn, se poate calcula şi cu formula mai simplă:

$$L = \frac{G \cdot t}{i_2 - i_1} \text{ kg/h} \quad (42)$$

unde i_2 şi i_1 se iau din diagrama $i - x$ sau $i - t$, pentru valorile lui φ şi t cunoscute. In acest caz:

$$\lambda = \frac{\Delta t}{i_2 - i_1} \quad (43)$$

In calculele şi încercările turnurilor de răcire din Europa Centrală se ia adesea drept stare de referinţă a aerului la intrarea în turn $t_1 =$ $= 15^0$C şi $\varphi_1 = 70\%$. Rezultatele experimentale obţinute în alte condiţiuni se recalculează pentru aceste condiţiuni etalon. In acest caz $i_1 = 10{,}0$ kcal/kg.

Dacă în formula (39) se introduc aceste date şi se ia $\varphi_2 = 1$, se obţine:

$$L \text{ standard} = \frac{G \cdot \Delta t}{(1 - x_2) 0{,}24\, t_2' + x_2' (0{,}46\, t_2' + 580) - i_1 + x_1} \quad (44)$$

sau

$$\lambda \text{ standard} = \frac{\Delta t}{(1 - x_2') 0{,}24\, t_2' + x_2' (0{,}46\, t_2' + 580) - 10{,}0} \quad (44\,a)$$

Aceasta constitue o relaţie între λ, Δt şi t_2', pentru cazul când $t_1' = 15^0$C, $\varphi_1 = 0{,}7$ şi $\varphi_2 = 1$. Pe baza acestei relaţii se poate calcula familia de curbe care au în t ordonată în funcţiune de t_2' în abscisă, pentru diferite valori ale lui φ.

Volumul de aer în m³/h va fi în condiţiunile locale ale atmosferei reprezentate prin temperatura t_1' şi presiunea barometrică B:

$$L' = \frac{760\,(t_1' + 273)}{1{,}293 \cdot 273 \cdot B} L \text{ m}^3/\text{h} \quad (45)$$

Dacă w m/s e viteza aerului prin secțiunea liberă a coșului sau a turnului, atunci această secțiune va fi :

$$S_c = \frac{L'}{3600 \cdot w} \text{ m}^2 \qquad (46)$$

Viteza aerului prin turn se ia de 1,5 . . .2,5 m/s. Dacă viteza e mai mare, atunci cantitatea de apă antrenată sub formă de picături de către aer poate ajunge la valori prohibitive (5 . . .10% din G). In unele diagrame $i - x$, dar mai ales în diagramele $i - t$, sunt date și curbele de variație ale lui γ kg/m³ pentru aerul umed, în care caz formula (45) devine :

$$L' = L/\gamma \text{ m}^3/\text{h} \qquad (47)$$

In coșul propriu zis, viteza aerului umed poate fi admisă mai mare decât în turnul de răcire, unde aerul vine în contact cu apa, deci o poate antrena. E bine ca valoarea mai mică indicată să fie adoptată în turnul propriu zis (unde se montează suprafața de prelingere), iar cea mai mare în coș.

Inălțimea turnului se calculează în același mod ca și înălțimea coșului de tiraj, al focarelor cazanelor. In cazul tirajului natural, se va avea în vedere că aerul umed e mai ușor decât cel uscat la aceeași temperatură. Rezultă deci că, tirajul în acest caz e creiat nu numai prin diferența de temperatură dintre baza turnului și vârful său, ci și prin diferența de umiditate. In mod static se poate scrie :

$$\frac{\gamma_m \cdot w^2}{2g} = H(\gamma_1 - \gamma_2) \qquad (48)$$

unde $\gamma_m = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$ când γ_1 e greutatea specifică a aerului la baza turnului, iar γ_2 e greutatea specifică a aerului la vârful turnului. Considerând și pierderile de tiraj, se obține :

$$H = \frac{(\gamma_1 + \gamma_2) w^2}{4g(\gamma_1 - \gamma_2)} + \frac{h \text{ pierd}}{\gamma_1 - \gamma_2} \text{ m} \qquad (49)$$

unde h pierderi e dat în kg/m². In lipsa diagramelor, greutatea specifică a aerului se calculează cu formula :

$$\gamma = \gamma' + \gamma_a = \frac{P'}{P}\gamma_s + 1{,}293\frac{P - P'}{10332} \cdot \frac{273}{T} \text{ kg/m}^3 \qquad (50)$$

unde P' kg/m² e presiunea parțială a vaporilor de apă în amestec, P kg/m² e presiunea totală a aerului în momentul considerat. γ_s kg/m³ e greutatea specifică a vaporilor la saturație și T e temperatura absolută a aerului umed la locul considerat (variabilă pe înălțimea turnului). Presiunile pot fi luate și în mm Hg în care caz formula se modifică astfel :

$$\gamma = \frac{P'}{B}\gamma_s + 1{,}293\frac{B - P'}{760} \cdot \frac{273}{273 + t_1'} \text{ kg/m}^3 \qquad (50\text{ a})$$

Greutatea specifică γ_s se poate lua din tabele.

Cota parte h pierd., aferentă pierderilor de sarcină prin turnul propriu zis și prin coș, depinde în special de modul cum se construesc canalele de aer în zona suprafețelor de prelingere. Aprecierea acestor pierderi e foarte dificilă, din cauza diversității construcțiilor adoptate. Se poate spune a proiri că pierderile reale de sarcină sunt de 10 . . .20 ori mai mari decât cele produse prin simpla frecare a aerului de apă sau de pereții turnului sau coșului. Ele sunt provocate în special de schimbările de direcție și de schimbările brusce de secțiune.

b) *Calculul suprafeței de prelingere.*

α. – Metoda care admite $\frac{\alpha}{\sigma c_p} = 1$.

In subcapitolul anterior s'a putut determina numai debitul de aer necesar turnului, dar nu s'a trecut la dimensionări constructive, decât pentru secțiunea și înălțimea coșului.

Pentru determinarea suprafeței de prelingere și a celorlalte caracteristici constructive, s'a plecat dela teoria expusă în cap. 3 ; pe ea se bazează următorul mod de calcul :

Relația (42) scrisă sub formă diferențială, devine :

$$L\,di = G \cdot dt \qquad (51)$$

Dacă se ține seamă și de relațiile (2) și (9) și dacă se neglijează energia termică schimbată între aer și vaporii de apă, ca fiind un schimb intern, se poate scrie :

$$\alpha(t - t')\,dS + \sigma \cdot r(x' - x)\,dS = L \cdot c_p\,dt' + Lr \cdot dx \qquad (52)$$

unde x' kg/kg e conținutul de vapori al aerului la saturație, care se presupune că e atinsă la ieșirea aerului din turn. Combinând relațiile (51) cu (52) se obține :

$$L \cdot di = G \cdot dt = [\alpha(t - t') + \sigma \cdot r(x' - x)]\,dS \qquad (53)$$

Pentru ușurința calculelor se fac următoarele substituiri :

$$\frac{L}{G} = \lambda \quad \text{și} \quad \frac{dS}{G} = dS' \qquad (54)$$

unde dS' e suprafața elementară de contact dintre aer și apă, care revine unui debit de apă de 1 kg/h. Cu aceste substituiri relația (53) devine :

$$\lambda\,di = dt = [\alpha(t - t') + \sigma r(x' - x)]\,dS' = \left[\frac{\alpha}{\sigma}(t - t') + r(x' - x)\right]\sigma\,dS' \qquad (55)$$

In paranteză, se adaugă și se scade termenul $c_p(t - t')$ așa că se poate scrie :

$$\lambda\,di = dt = \Big[(t - t') - c_p(t - t') + c_p(t - t') + r(x' - x)\Big]\sigma\,dS'$$

Punând :

$$i' = c_p t + rx' \text{ și } i = c_p t' + rx \qquad (56)$$

formula (55) devine :

$$\lambda\, di = dt =$$

$$= \left[i' - i + c_p (t - t') \left(\frac{\alpha}{\sigma c_p} - 1 \right) \right] \sigma\, dS' \qquad (57)$$

In relațiile (56) valoarea lui i' e entalpia aerului umed saturat a cărui temperatură e t, deci temperatura apei, în locul considerat și nu a aerului în acel loc, care e t'.

Dacă $\frac{\alpha}{\sigma c_p} = 1$ relația (57) devine :

$$\lambda di = dt = (i' - i) \cdot \sigma\, dS' \qquad (58)$$

Relația (58) e considerată în cadrul acestei metode drept *ecuația fundamentală* a turnurilor de răcire. Ea se mai poate scrie și astfel :

$$\sigma\, dS' = \frac{dt}{i' - (i_1 + \Delta i)}$$

sau (59)

$$\sigma\, dS' = \frac{dt}{i' - \left(i_1 + \frac{\Delta t}{\lambda} \right)}$$

unde i_1 e entalpia aerului la intrarea în turn, deci cu t_1' și φ_1, Δi e variația de entalpie a aerului dela intrare până la locul considerat și Δt e variația de temperatură suferită de apă pe același interval de drum.

Față de ecuația (57) care are un caracter general ecuația (58) sau (59) are numi un caracter particular.

Ecuațiile (59) se pot integra pentru întreaga suprafață de prelingere și între limitele de temperaturi t_2 și t_1, obținându-se :

$$\Delta t \left(\frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{\sigma S'} \right) = i_m' - i_1' \qquad (60)$$

unde :

$$i_m' = \frac{1}{t_1 - t_2} \int_{t_1}^{t_2} i'\, dt \qquad (61)$$

Paranteza din formula (60) se notează cu a. Valoarea $1/a$ se numește *coeficientul de răcire* al turnului. Cu cât valoarea lui a e mai mare, cu atât efectul de răcire, deci Δt e mai mic. Din ecuația (61) se vede că i_m' e entalpia de saturație a aerului cu temperatura medie $t_m = \frac{t_1 + t_2}{2}$ unde însă t_1 și t_2 sunt temperaturile apei de răcire.

Cu ajutorul ecuațiilor de mai sus, s'a trasat o diagramă în care s'a luat în ordonată i_m' iar în abscisa Δt. In diagramă apar curbele, cari dau pe t_1 și t_2 precum și parametrul a sub forma de coeficient unghiular. In fig. 4 se vede principiul de trasare a acestei diagrame, iar în fig. 5 e redată însăși așa numita „diagramă a turnului de răcire". In fig. 4 e trasată curba care reprezintă pe t_1 în funcțiune de i_m' și de Δt. Dacă din punctul A de pe axa ordonatelor, punct a cărui ordonată e i_1 se

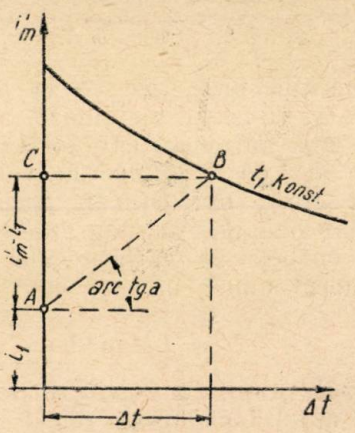


Fig. 4.

duce o dreaptă cu coeficientul unghiular a, această dreaptă taie curba t_1 în punctul B a cărui abscisă a BC. Se poate scrie :

$$\overline{BC} = \frac{i_m' - i_1}{a}$$

deci conform ecuației (60) rezultă că $BC = \Delta t$. Acest segment reprezintă în consecință răcirea, pe care-o poate produce un turn de răcire cu

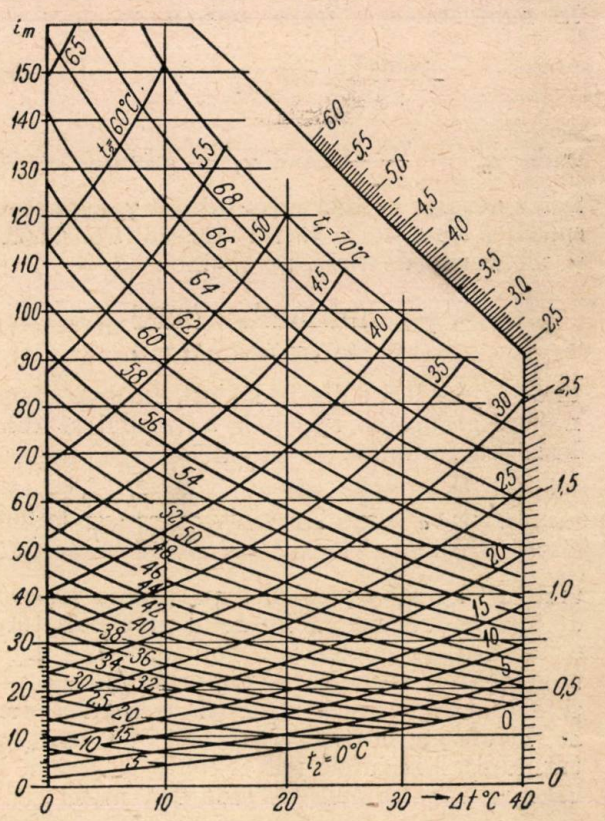


Fig. 5.

coeficientul a, dacă apa intră cu temperatura t_1 și aerul are la intrare entalpia i_1.

Din diagramă se vede că, dacă a creşte, pentru acelaş i_1, scade Δt. Insă a creşte cu scăderea lui λ, cu scăderea lui σ şi a lui S'. O scădere a lui Δt se produce şi dacă a rămâne constant, dar în schimb creşte i_1.

Pentru proiectare e interesant să se cunoască valoarea coeficientului a. In fig. 6 e trasată

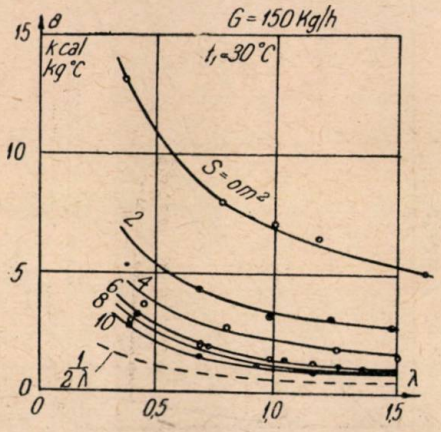


Fig. 6.

curba lui a în funcţiune de λ şi de S obţinută prin încercări făcute cu un turn model în miniatură, cu tiraj artificial, în cazul când $t_1 = 30^0$C şi $G = 150$ kg/h. In general valoarea lui a variază între 1 . . .5 kcal/kg, °C după cum i_1 variază între 0 şi 20 kcal/kg, iar λ între 0,5 şi 1,5. Pentru construcţiile normale de turnuri, în timpul verii, adică atunci când $i_1 = 15$ kcal/kg se poate lua $a = 3 . . .4$ kcal/kg, °C. In cazuri speciale, când turnul permite un acces foarte uşor pentru aer, valoarea lui a se poate reduce la 1 . . .2 kcal/kg, °C. Acestea sunt mai ales turnurile metalice sau de beton armat, a căror suprafaţă de prelingere are forma unor celule tubulare înalte, realizate din tablă zincată sau din tuburi de ceramică. Aceste tuburi opun o rezistenţă foarte mică la trecerea aerului prin ele şi nu prezintă schimbări prea multe de direcţie şi de secţiune Un a relativ mic se obţine şi în turnurile, în cari apa e împroşcată mai întâi în sus de către nişte injectoare şi apoi e lăsată să cadă liber, în particule mici. Astfel de turnuri se construiau cu predilecţie înainte de 1930. Trecerea aerului prin suprafaţa de contact dintre apă şi aer e relativ liberă şi în acest caz; deci se poate realiza un λ mai mare.

In turnurile de răcire cu tiraj artificial se poate uşor obţine un a constant, deoarece în acest caz λ şi S' sunt constante. In aceste condiţiuni funcţionarea turnului se urmăreşte pe nişte trepte cu înclinare constantă (fig. 8) cari se deplasează prin translaţie, corespunzător valorii lui i_1, luată pe ordonată (liniile întregi). Dacă Δt e dat în aceste condiţiuni, funcţionarea turnului se stabileşte la intersecţia verticalei prin Δt cu dreapta înclinată, care reprezintă pe a. In felul acesta se determină simultan t_1 şi t_2.

In cazul tirajului natural valoarea lui a creşte simultan cu i_1. In exemplul din fig. 7 (liniile întrerupte) se vede că: pentru i_1 este egal cu 0, se obţine $a = 2$, pentru $i_1 = 10$, $a = 3$, iar pentru $i_1 = 20$, $a = 4$, etc. In acest caz funcţionarea turnului se înrăutăţeşte, pe măsură ce aerul proaspăt se încălzeşte.

După cum se vede, metoda aceasta de calcul, destul de incomplectă, constă în determinarea lui a şi apoi a produsului $\sigma S'$ pe baza valorii λ. Dacă se poate aprecia valoarea lui σ, se poate determina şi valoarea S' adică suprafaţa de contact necesară unui kg de apă, pentru a se realiza schimbul de căldură şi evaporarea cerută de răcirea impusă.

Metoda aceasta de calcul se bazează şi pe verificări experimentale, efectuate de o instalaţie de laborator cu tiraj artificial. Apa era încălzită cu un arzător de gaz. Instalaţia a avut desavantajul că era prea mică, iar datele

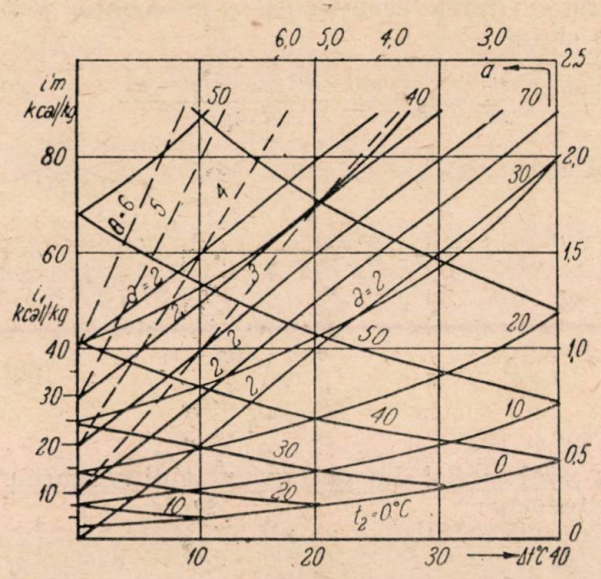


Fig. 7.

obţinute cu ea nu sunt total confirmate la instalaţiile cu dimensiuni normale.

β. — Metoda diagramei $i - t$.

Mult mai completă şi mai bine pusă la punct e metoda de calcul bazată pe diagrama $i - t$.

In timpul evaporării apei G' în turn, se produce un schimb de căldură şi între aer şi vaporii de apă, schimb despre care a mai fost vorba şi mai înainte. In general însă acest schimb de căldură se neglijează în mod tacit. Eroarea produsă de această neglijare nu e mare, atât timp cât nu se atinge saturaţia, deci cât aburul e în stare supraîncălzită. Dacă însă temperatura de supraîncălzire e mare, cum e cazul la instalaţiile de uscare, eroarea poate deveni importantă.

Dacă se atinge însă saturaţia şi dacă temperatura aerului creşte prin transmitere de căldură mai puţin decât temperatura de condensare a vaporilor la presiunea parţială corespun-

zătoare, aerul trece în stare de suprasaturație. In această stare vaporii vor ceda o parte din căldura lor aerului, iar ei se vor condensa parțial, producând ceață. Suprafața, care stă la dispoziție pentru acest schimb de căldură, e mult mai mare decât suprafața de prelingere a turnului deoarece aburul e intim amestecat cu aerul.

Am văzut mai sus că schimbul de căldură dintre apă și aer în turn se poate scrie pentru convecție, dacă se neglijează schimbul din aliniatul anterior:

$$L c_p \cdot dt' = \alpha (t - t') \, dS \qquad (62)$$

iar cea schimbată prin evaporare:

$$L \cdot r \, dx = \sigma \cdot r (x' - x) \, dS \qquad (63)$$

Rezultă deci ecuația utilizată și mai înainte:

$$L \cdot di = G \cdot dt = [\alpha (t - t') + \sigma \cdot r (x' - x)] \, dS \qquad (64)$$

Prin divizarea ecuației (64) prin ecuația (62) se obține:

$$\frac{di}{dt'} = c_p \cdot \frac{\alpha (t - t') + \sigma \cdot r (x' - x)}{\alpha (t - t')}$$

de unde:

$$di = c_p \cdot dt' + \frac{r (x' - x) \frac{\sigma c_p}{\alpha}}{t - t'} \, di' \qquad (65)$$

$$\Delta i = c_p \Delta t' + \frac{\sigma}{\alpha} c_p \int_{t_1'}^{t_1' + \Delta t'} \frac{r (x' - x)}{t - t'} \, dt' \qquad (66)$$

în cazul special dat de Lewis se obțin ecuațiile anterioare:

$$di = \frac{i' - i}{t - t'} \, di' \qquad (67)$$

sau:

$$\Delta = \int_{t_1'}^{t_1 + \Delta t'} \frac{i' - i}{t - t'} \, di' \qquad (68)$$

S'a demonstrat că abaterea metodei anterioare dela realitate poate fi anihilată, dacă în loc de i se introduce următoarea valoare:

$$i'' = i_1'' + \Delta i'' = i_1 + \left(1 - \frac{\alpha}{\sigma c_p}\right) c_p (t_1 - t_1') + \Delta i + \left(1 - \frac{\alpha}{\sigma c_p}\right) c_p (\Delta t - \Delta t') \qquad (69)$$

iar în loc de λ valoarea lui λ'' obținută din relația:

$$\frac{1}{\lambda''} = \frac{1}{\lambda} + \left(1 - \frac{\alpha}{\sigma c_p}\right) \frac{c_p (\Delta t - \Delta t')}{\Delta t} \qquad (70)$$

In fig. 8 se vede modul cum se urmărește ecuația (65) în diagrama $i - t$, atunci când raportul σ/α e constant și pentru cazurile $\frac{\alpha}{\sigma c_p} \gtrless 1$. In aceasta diagrama s'a luat x' conținutul de vapori ai aerului saturat la temperatura t a apei. Starea inițială a aerului

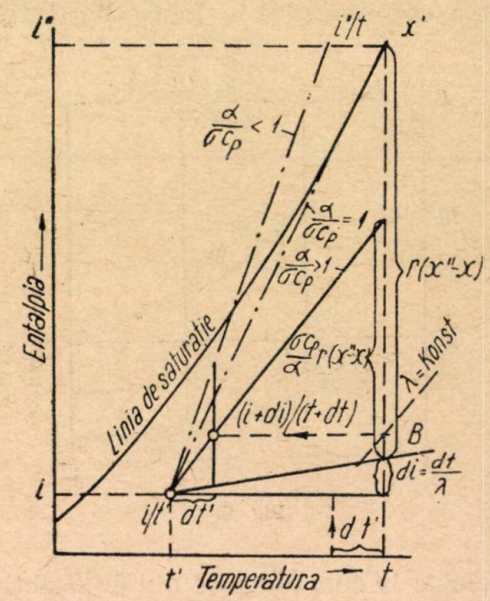


Fig. 8

(punctul A) e caracterizată prin i_1 și t_1. Linia x care trece prin A. împarte pe ordonata dusă prin temperatura t a apei segmentele $c_p (t - t')$ și $r (x' - x)$. Pe de altă parte, pentru o anumită valoare a lui λ, se poate scrie:

$$di = \frac{dt}{\lambda} \qquad (71)$$

care se măsoară pe aceeași ordonată, așa că starea finală a aerului umed, care a suferit o variație de entalpie di și o variație de temperatură dt' atunci când și apa a suferit o variație dt de temperatură, e bine determinată în diagrama. Urmărirea se face în direcția săgeților de pe linia întreruptă din figură.

Cu cât valoarea $\frac{\alpha}{\sigma c_p}$ e mai mică, cu atât linia de transformare a stării aerului e mai înclinată. Pentru $\frac{\alpha}{\sigma c_p} \geqq 1$ linia de transformare se află complet în domeniul supraîncălzit, pe când pentru valori mai mici decât unitatea, ea taie linia de saturație într'unul sau două puncte (din cauza curburei liniei de saturație), trecând deci și în domeniul saturat.

In general se poate lua $\frac{\alpha}{\sigma c_p} = 0{,}5 \ldots 1{,}5$. De aici rezultă că starea de saturație e atinsă uneori încă înainte de a se ajunge la entalpia finală a aerului, deoarece linia de transformare pentru această valoare a raportului $\frac{\alpha}{\sigma c_p}$ taie linia de saturație mai jos. Dintr'o serie de experiențe făcute de specialiști, redate în tabela Nr. 1 se vede că starea de saturație e atinsă, aproape în

toate cazurile, cu toată diversitatea condițiilor inițiale ale măsurătorilor, indiferent dacă umiditatea relativă a fost determinată cu psichrometrul sau cu higrometrul (cifrele din paranteză)

In această tabelă, t e temperatura la care, după calculele teoretice și grafice, trebue să

Tabela 1

Incercarea Nr.		t_1' °C	τ °C	φ_1 %	t_1 °C	t_2 °C	t_2' °C	φ_2 %	l °C	Δt °C	$\Delta t'$ °C	i_1 kcal/kg	i kcal/kg	k
Prin prelingere	1	15,9	12,7	70	35,3	26,7	28,2	95(96)	21,5	8,6	12,3	8,6	31,3	0,728
	2	9,2	6,9	71	29,9	21,9	22,9	95(95)	13,5	8,0	13,7	5,3	24,6	0,720
	3	4,7	3,2	78	31,4	20,5	23,5	94(97)	7,5	10,9	18,8	3,5	25,6	0,630
	4	7,0	4,5	67	30,9	20,9	22,9	98 —	12,0	10,0	15,9	4,1	24,8	0,690
	5	9,6	9,2	94	36,2	25,4	28,0	92 —	10,5	10,8	18,4	6,5	32,7	0,652
	6	22,6	17,1	57	41,9	31,3	33,3	94 —	29,0	10,6	10,7	11,2	43,0	0,810
Prin stropire	7	8,6	5,8	65	34,5	22,6	20,9	—(97)	13,0	11,9	12,3	4,8	30,0	1,121
	8	10,0	8,4	82	33,7	23,3	20,8	—(98)	13,0	10,4	10,8	6,3	28,5	1,212
	9	15,3	10,1	52	34,5	24,2	21,4	95(96)	21,5	10,3	6,1	7,2	30,0	1,805
	10	9,9	6,7	62	34,8	23,0	20,6	96(104)	14,5	11,8	10,7	5,3	30,5	1,275
	11	19,2	13,3	64	37,2	27,1	23,4	93(100)	22,5	10,1	6,2	8,9	34,5	1,590
	12	22,4	16,5	55	39,9	29,3	27,3	95(97)	28,5	10,6	5,1	11,0	39,5	1,893

se producă saturația aerului. Se vede de aici că raportul $\frac{\alpha}{\sigma c_g}$ e în general relativ mic, de oarece diferența dintre t și t_1 nu e prea mare, deci linia de transformare taie curând curba de saturație.

Dela intersectarea liniei de saturație, transformarea se produce în lungul acestei linii și nu se mai continuă după linia corespunzătoare lui $\frac{\alpha}{\sigma c_g}$ care trece în domeniul saturat. Entalpia părții de abur, care se condensează în acest scop, se cedează aerului sub formă de căldură sensibilă Q_0.

c) *Determinarea debitului de aer la tiraj natural*

In cazul turnului cu tiraj artificial, valoarea lui λ se determină cu raportul dintre aerul introdus în turn de ventilator (insuflat sau aspirat) și debitul de apă răcită, deci această valoare e impusă și nu depinde de construcția turnului, ci de a ventilatorului și de viteza medie admisă prin turn.

La turnurile cu tiraj natural, debitul de aer se stabilește astfel încât tirajul și rezistențele din turn să facă echilibru. Tirajul static al turnului e dat de relația :

$$Z = (\gamma_1 - \gamma_2) H \text{ kg/m}^2 \qquad (72)$$

iar rezistența totală la trecerea aerului prin turn :

$$R = \xi \frac{\gamma_m}{2g} C_m^2 \text{ kg/m}^2 \qquad (73)$$

Viteza medie C_m a aerului prin turn e în funcțiune de densitatea ploii q, de coeficientul de aer λ, de strangulările și schimbările de direcție introduse de rezolvarea constructivă a suprafețelor de prelingere ε și de greutatea specifică medie a aerului prin turn :

$$C_m = \frac{1}{\varepsilon} \frac{q \cdot \lambda}{3{,}6 \gamma_m} \text{ m/sec} \qquad (74)$$

Rezistența ia deci forma :

$$R = \xi \frac{\gamma_m}{2g} \frac{q^2 \lambda^2}{3{,}6^2 \varepsilon^2 \gamma_m^2} = 7{,}86 \cdot 10^{-3} \cdot \xi \frac{q^2 \lambda^2}{\varepsilon^2} \cdot \frac{1}{\gamma_1 + \gamma_2} \text{ kg/m}^2 \qquad (75)$$

In starea de echilibru, $Z + R = 0$, deci se poate scrie :

$$(\gamma_2 - \gamma_1) H = 7{,}86 \cdot 10^{-3} \xi \frac{q^2 \lambda^2}{\varepsilon^2} \cdot \frac{1}{\gamma_1 + \gamma_2}$$

de unde rezultă :

$$\gamma_1^2 - \gamma_2^2 = \Delta(\gamma^2) = 7{,}86 \cdot 10^{-3} \xi \frac{q^2 \lambda^2}{\varepsilon^2 H} \qquad (76)$$

Dacă se notează $q \cdot \Delta i = b$ (kcal/m^2·h) și se mai introduce și valoarea $\lambda = \Delta i / \Delta t$, se obține :

$$q \cdot \gamma = b / \Delta t \qquad (77)$$

deci :

$$\gamma_1^2 - \gamma_2^2 = \Delta(\gamma^2) = 7{,}86 \cdot 10^{-3} \xi \frac{b^2}{\varepsilon^2 H (\Delta i)^2} =$$

$$= 7{,}86 \cdot 10^{-3} \frac{\xi}{\varepsilon^2 H} \left(\frac{q \Delta t}{\Delta i} \right)^2 \qquad (78)$$

In această ecuație, se poae acum introduce un coeficient, care depinde de construcția turnului de răcire și anume :

$$k_1 = 7{,}86 \cdot 10^{-3} \frac{\xi}{\varepsilon^2 H} \qquad (79)$$

deci se poate scrie :

$$\gamma_1^2 - \gamma_2^2 = \Delta(\gamma^2) = \frac{k_1 b^2}{(\Delta i)^2} = 10^6 k_1 \left(\frac{2 \Delta t}{\Delta i} \right)^2 \qquad (80)$$

Această relație leagă tirajul turnului de constanta constructivă k_1, de încărcarea termică b a lui și de căderea termică Δi, sau de densitatea ploii q și de răcirea provocată Δt. Funcțiunea $\Delta(\gamma^2) = f(\Delta i)$ e reprezentată în fig. 9. In partea de jos e trasat Δt în funcțiune

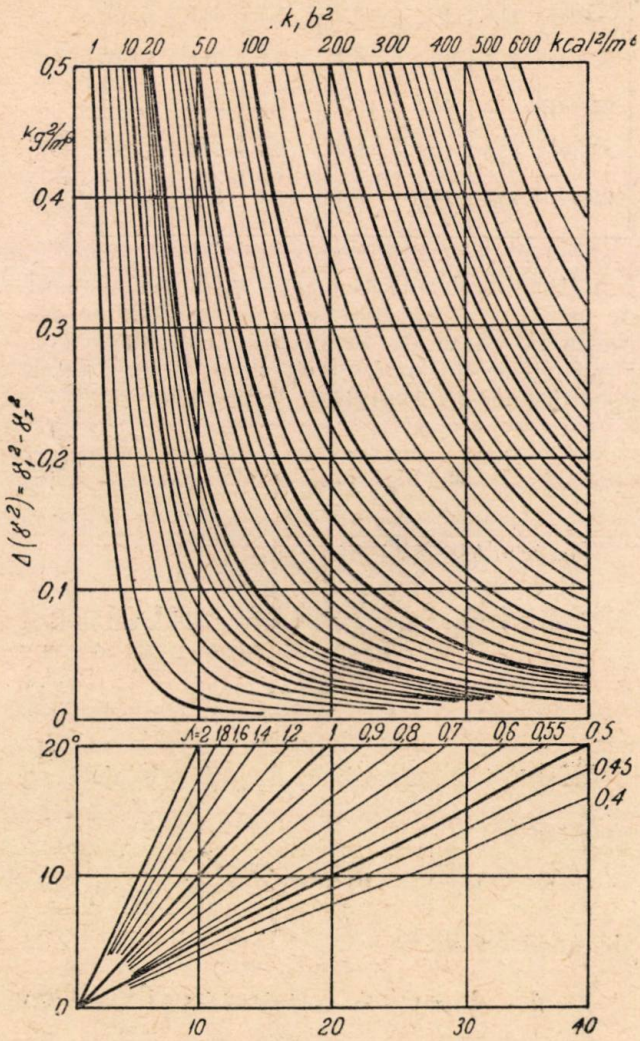


Fig. 9

de Δi, pentru valorile obișnuite ale lui λ, iar deasupra e $\Delta(\gamma^2)$ în funcțiune de Δi pentru diferite valori ale produsului $k_1 b^2$.

Incărcarea termică b e rezultatul produsului a două mărimi, care pot fi măsurate experimental, deci din diagramă se poate determina și valoarea lui k_1. Cu ajutorul acestei constante și al mărimilor constructive ε și H, se poate calcula coeficientul global de rezistență ξ. Acest coeficient global se poate apoi descompune al rândul său într'o parte corespunzătoare frecării dintre apă și aer $\xi_1 \; k_2/4\varepsilon$ și o altă parte corespuzătoare rezistențelor individuale $\Sigma\xi_u$ deci :

$$\xi = \xi_1 \frac{k_2}{4\varepsilon} + \Sigma\xi_u \qquad (81)$$

In general, suma rezistențelor individuale e de circa 10...20 ori mai mare decât rezistența datorită frecării aerului de pelicula de apă. Bineînțeles $\Sigma\xi_u$ depinde în primul rând de modul cum se realizează canalele pentru trecerea aerului.

Din cele de mai sus se poate observa că $\Delta(\gamma^2)$, deci și tirajul turnului e mai mare dacă nu se atinge starea de saturație, pentru aceleași condițiuni inițiale. Deoarece greutatea specifică a aerului la aceeași entalpie, însă la stări diferite ale aerului la intrare, e și ea diferită, rezultă că și λ va fi diferit, deși entalpia inițială e aceeași. De valoarea lui λ depinde și capacitatea turnului, deci această capacitate nu depinde numai de entalpia aerului la intrare, ci și de temperatură și de umiditatea relativă.

Pentru calcularea schimbului de căldură, pentru un λ dat, este insuficientă cunoașterea entalpiei aerului la intrare i, însă pentru cunoașterea capacității turnului nu e suficientă nici cunoașterea în plus a temperaturii τ, ci e necesară și cunoașterea lui t_1'.

Dacă prin experiențe se determină mărimile necesare, cu ajutorul diagramei din fig. 16, se poate determina și valoarea lui k_1 în diferite condițiuni. Tot cu ajutorul acestor diagrame se poate determina și valoarea lui λ pentru alte condițiuni de funcționare decât cele experimentale. Influența stării inițiale a aerului se poate vedea în tabela Nr. 2, unde au fost recalculate în lumina celor de mai sus rezultatele încercărilor menționate făcute în turnuri de răcire cu prelingere. Se vede că valoarea lui k_1 variază între 0,0265 și 0,0205, dar prima valoare este reprezentată de un singur caz. Majoritatea cazurilor se grupează între 0,0225 și 0,0205, dacă se ia ca bază umiditatea relativă măsurată la ieșirea aerului din turn. Dacă se admite că la ieșirea aerului se obține saturație totală, atunci k_1 variază între 0,0214 și 0,0199 respectiv 0,0245 și 0,0199. Media probabilă e deci 0,02075.

5. REZULTATE EXPERIMENTALE

Inainte de a trece la metoda de calcul a turnurilor de răcire, e mai indicat să fie discu-

tate câteva rezultate. Mărimile caracteristice, pot servi drept bază pentru proiectări :

— suprafața de prelingere $S = 76885$ m²,
— înălțimea părții de prelingere 4,42 m,

Tabela 2

Intrarea aerului						
t_1'/τ_1	15,9/12,7	9,2/6,9	4,7/3,2	7,0/4,5	9,6/9,2	22,6/17,9
φ_2	70	71	78	67	94	57
Ieșirea aerului						
t_2'/τ_2	28,2/27,5	22,9/22,3	23,5/22,8	22,9/22,7	28,0/27,0	33,3/32,5
φ_2	95	95	94	98	92	94
i_2	20,8	15,6	16,0	16,0	20,2	27,2
Δt	12,2	10,3	12,5	11,9	13,7	16,0
Temperatura apei						
t_1/t_2	35,3/26,7	29,9/21,9	31,4/20,5	30,9/20,9	36,2/25,4	41,9/31,3
Δt	8,6	8,0	10,9	10,0	10,8	10,6
$\lambda = \Delta t/\Delta i$	0,70	0,776	0,88	0,855	,0789	0,675
$q/1000$	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Sarcina termică						
$10^{-6}b$	30,95	28,8	39,24	36,0	38,88	38,16
$10^{-6}b^2$	960	830	1540	1296	1510	1455
$K_1 b^2$	21,0 (20,5)	17,0 (16,5)	3,0 (32,5)	26,0 (26,0)	40,0 (37,0)	32,5 (31,0)
$10^2 K_1$	21,9 (21,4)	20,5 (19,9)	21,4 (21,1)	20,1 (20,1)	26,5 (24,5)	22,3 (21,3)

Observație: Valorile din paranteze sunt calculate la saturație

1. Turn de răcire din beton armat, cu tiraj natural, construit pentru o capacitate $G =$

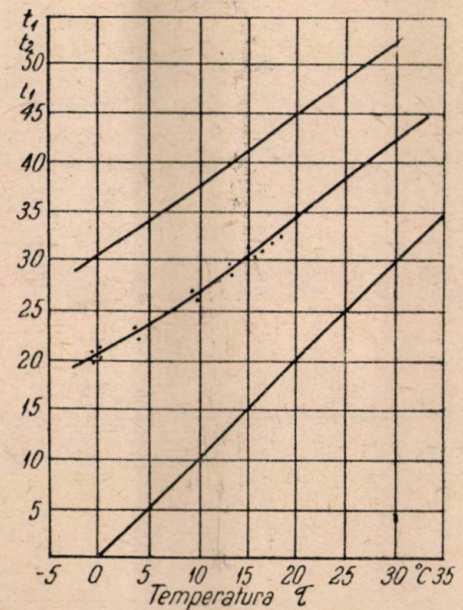


Fig. 10

$= 6200$ m³/h și $\Delta t = 10$°C. Turnul are următoarele caracteristici constructive :

— suprafața bazei $S_1 = 625$ m²,
— volumul părții de prelingere 2784 m³,
— secțiunea de trecere a aerului printre suprafețele de prelingere 363,73 m²,
— înălțimea coșului $H = 34{,}15$ m,
— secțiunea liberă a coșului 380 m².

Sarcina turnului a fost variabilă și anume de : 57,3%, 100% și 126%. Rezultatele obținute prin calcul sunt cuprinse în tabela Nr. 3. In fig. 12, sunt trasate curbele de răcire ale acestui turn, având indicate și valorile temperaturii t_2, obținute experimental. In aceste diagrame, se trasează variația posibilă. a temperaturii apei calde t_1 și a celei răcite t_2, în funcțiune de temperatura indicată de termometrul umed în aerul ambiant τ. $t_1 - t_2 = \Delta t$ reprezintă tocmai zona de răcire Diferența de 10°C impusă. Se vede că, dacă τ crește, zona de răcire se poate realiza numai dacă t_1 și t_2 cresc la rândul lor.

In fig. 11, se vede plasarea zonei de răcire față de poziția dela sarcina de 100%, pentru cele trei sarcini încercate.

Curbele de răcire din fig. 12 sunt iperbole cu ecuația :

$$(t_1 + b)^2 - (\tau + b)^2 = a^2 \qquad (82)$$

In tabela Nr. 3 s'a calculat temperatura medie a apei t_m și la această temperatură s'a determinat valoarea lui r. Evaporarea e însă

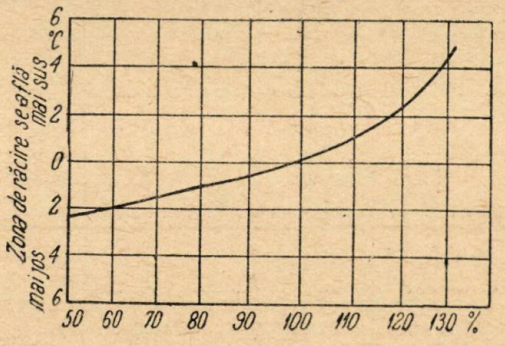


Fig. 11

mai activă la temperatură mai ridicată, așa că de fapt acest procedeu introduce o mică eroare. Căldura evacuată prin evaporare e:

$$Q \text{ evap.} = G' \cdot r = \sigma (x' - x) S \qquad (83)$$

Tabela 3

Încărcare	57,3%	100%	126%
Debitul G m³/h	3550	6200	7800
Densitatea ploii m/h	5,68	9,94	12,50
t_1 °C	35,4	37,5	41,2
t_2 °C	25,4	27,5	31,2
Δt °C	10	10	10
G' m³/h	46,45	82,00	104,50
G'/G %	1,308	1,320	1,340
t_1' °C	15	15	15
φ_1 %	61	61	61
t_2' °C	29,4	31,5	35,2
L kg/h	2351265	3545000	3457889
V_1 intrare m³/kg	0,820	0,820	0,820
V_2 ieșire m³/kg	0,875	0,878	0,894
C_m în celule m/s	1,550	2,360	2,265
C_m în coș m/s	1,515	2,280	2,260
Q kcal/h	35500000	62000000	78000000
Q_{evap} kcal/h	26945645	47461600	600005950
Q_{conv} kcal/h	8554355	14538400	17693050
Q/S kcal/m², h	462	806	1014
Q/S_1 kcal/m², h	56800	99100	124900
$\lambda = L/G$	0,6623	0,5718	0,4433
α = kcal/m², h, °C	17,0	21,0	20,5
σ = 0,216 kg/m², h	78,6	97,2	95,0
r = kcal/kg	580,1	578,8	577,1
$S' = S/G$	0,02165	0,0124	0,00986
$\sigma S' = \sigma k_2/q$	1,700	1,203	0,936
k_2	123,26	123,26	123,26
$t = q\,\Delta t$	56,8	99,4	125,0
$k_1 b^2$	43,0	60,0	130,0
$10^3 k_1$	13,32	6,07	8,32
$\Sigma\xi_0$	17,2	17,2	17,2
$\xi\, k_2/^4$	0,924	0,924	0,924

de unde rezultă:

$$\sigma = \frac{G'}{(x' - x)S} \qquad (84)$$

Calculând pe σ cu formula (84), unde $x' = 0{,}0268$ kg/kg și $x = 0{,}0067$ kg/kg, pentru încărcarea de 57,3% se obține:

$$\sigma = \frac{46450}{0{,}02 \cdot 76885} = 30{,}2$$

pentru încărcarea de 100%:

$$x' = 0{,}03088$$
$$x = 0{,}00671$$

$$\sigma = \frac{82000}{0{,}241 \cdot 76885} = 44{,}3.$$

Se vede că valoarea lui σ obținută cu formula (84) reprezintă ceva mai puțin de jumătate din valoarea obținută cu ajutorul curbelor experimentale.

Pentru determinarea lui k_1, am folosit curbele din fig. 9 unde se cunoaște Δt, λ și $\Delta(\gamma^2) = \gamma_1^2 - \gamma_2^2$, deci se poate determina $k_1 b^2$. Pentru $\xi = 0{,}03$, iar valoarea lui ε se obține din formula (74).

2. Turn de răcire de lemn cu tiraj natural, poligonal cu 12 laturi, având cercul înscris de ∅ 41 m. Suprafața de bază e $S_1 = 1355$ m². Coșu are jos 12 laturi cu cercul înscris ∅ 22,5 m, iar sus 12 laturi și ∅ 19,5 m. Înălțimea totală a turnului 40 m. Inaițimea părții de prelingere dela marginea superioară a fundației până la marginea de jos a jghiabului de distribuție a apei 6,2 m. Suprafața de prelingere a apei e construită din late cu secțiunea triunghiulară, dispuse tangențial și cu spații largi între ele. Distanța dintre late pe verticală e de 400 mm.

Pentru a se facilita accesul aerului în turn, bazinul de colectare e dispus la subsol. Turnul se află construit pe teren liber la 100 m distanță dela centrală. Apa e adusă la turn printr'un canal din beton.

Debitul normal de apă e de 7000 m³/h. Mărimile măsurate la încercare sunt cuprinse în tabela Nr. 4.

După cum se vede, tabela nu e nici pe departe completă, așa că va trebui să se admită unele mărimi pentru a se face calculele celorlalte mărimi.

Având în vedere că φ_1 e foarte aproape de 100%, înseamnă că o bună parte din căldură e eliminată din apa răcită prin convecție. In exemplul anterior, căldura eliminată prin convecție a fost de 23,45%, iar restul a fost eliminat prin evaporare (la sarcina de 100%).

Tabela 4

G m³/h	Q kcal/h 10^6	q m/h	t_1 °C	t_2 °C	t °C	t_1' °C	φ_1 %	φ_2 %	B mm	τ °C
6960	53,6	5,136	31,1	23,4	7,7	8,2	92,9	100	757	7,6

In cazul de față, se poate lua cota parte a convecției de 40%, deci la 21,44 mil .kcal. Procentul de apă pierdută prin evaporare nu poate fi nici el prea mare în aceste condițiuni, așa că se poate lua $G'/G = 0{,}0079$, deci $G' = 55{,}2$ m³/h. Valoarea lui r se va lua din tabele pentru temperatura medie $t_m = \frac{t_1 + t_2}{2} = 27{,}25$°C și va fi $r = 581{,}8$ kcal/kg, deci:

$$G' = \frac{Q_{evap.}}{r} = \frac{32160}{581{,}8} = 55{,}2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Căldura cedată prin convecție în turn e dată de formula:

$$Q_{conv} = L \cdot c_p (t_2' - t_1'),$$

iar cea cedată prin evaporare:

$$Q_{evap} = Lr (x_2' - x_1) = G' \cdot r$$

Din ambele relații rezultă că:

$$x_2' = x_1 + \frac{G' c_p (t_2' - t_1')}{Q_{conv}}$$

sau:

$$x_2' = 0{,}00689 \cdot 0{,}929 + \frac{55200 \cdot 0{,}255 (t_2' - 8{,}2)}{21440000}$$

Din această relație rezultă prin încercări $t_2' = 19{,}2$ °C, deci debitul de aer va fi:

$$L = \frac{Q \text{ conv.}}{c_p (t_2' - t_1')} = \frac{21440000}{0{,}255 \cdot 11} = 7650000 \text{ kg/h}.$$

Turnul trebue să lucreze în acest caz cu:

$$\lambda = \frac{L}{G} \frac{7\,650\,000}{6\,960\,000} = 1{,}1$$

deci cu un mare excendent de aer. Acest excendent e de fapt prea mare pentru un turn cu tiraj natural. Va trebui deci să se admită o căldură cedată prin convecție, mai mică. In niciun caz însă t_2' nu trebue să atingă valoarea lui t_1, deci $t_2' < t_1$. Dacă se ia cota parte a convecției de 30%, atunci procentul de apă pierdută prin evaporare va fi:

$$G' = \frac{53600000 \times 0{,}7}{581{,}8} = 64{,}5 \text{ m}^3/\text{h}$$

deci:

$$x_2' = x_1 + \frac{G' \cdot c_p (t_2' - t_1')}{Q \text{conv.}} = 0{,}0064 +$$

$$+ \frac{64500 \cdot 0{,}255 (t_2' - 10{,}0)}{53600000 \cdot 0{,}3}$$

Din această ecuație rezultă $t_1' \cong 14$°C, ceeace dă un debit de aer necesar și mai mare decât cel anterior.

In fig. 12 se vede diagrama de răcire a turnului din acest exemplu. Diagrama a fost trasată

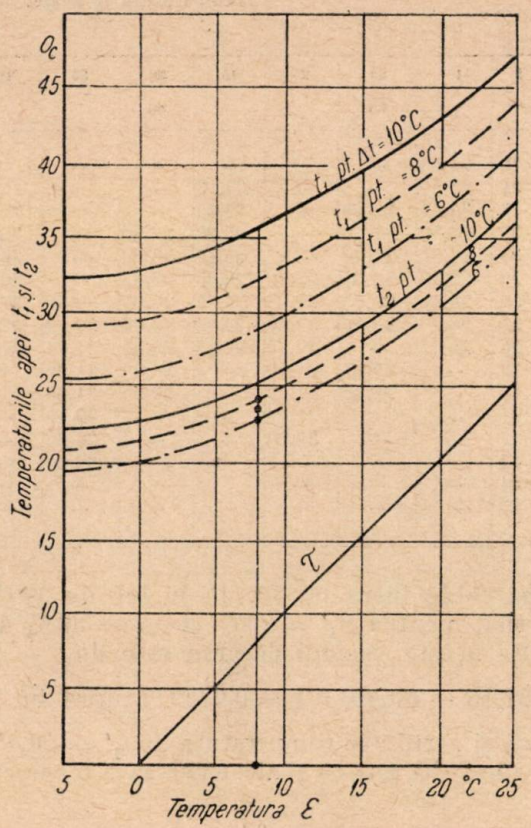


Fig. 12

pentru $\Delta t = 10$°C, 8°C și 6°C. In toate trei cazurile, s'a trasat variația lui t_1 și a lui t_2, în funcțiune de τ dela intrare.

3. In locul diagramei de răcire, se utilizează adesea niște tabele de garanție ,întocmite după modelul tabelei Nr. 5. Această tabelă permite să se determine corecțiile în cazul abaterii condițiilor reale de încercare dela condițiile teoretice.

Tabela 5

S_1 m²	H m	G m³/oră	t_1 °C	t_2 °C	Δt °C	Q kcal/h 10^6	t_1' °C	φ_1 %	q m/oră	x_1 kg/kg	i_1 kcal/kg
1818	45	7903	39,1	29,3	9,8	77,42	20,4	89	4,35	0,01388	12,96

Turnul încercat are următoarele caracteristici constructive:

Perimetrul de bază 50,5 × 36,0 m, corespunzător suprafeței de bază de 1818 m². Secțiunea liberă la baza coșului 1000 m², iar la vârful coșului 400 m². Inălțimea totală a turnului 45 m. Inălțimea medie a intrării apei, dela teren 7,5 m.

Turnul a fost garantat pentru o încărcare de 8000 m³/h și $\Delta t = 10$ °C, dacă $t_1' = 37$°C și $t_1' = 15$°C, $\varphi_1 = 60\%$.

Tabela Nr. 6 permite să se calculeze influența abaterilor încercării reale dela mărimile impuse de condițiile de garanție.

minarea oricărei variabile, atunci când se cunosc celelalte trei.

In fig. 14, sunt date după E. M. Burmeister (TEP) curbele aproximative ale turnului hiperbolic de beton armat, în care se dă temperatura t_2 în funcțiune de G m³/h și de Δt, pentru t_1' =

Temperatura t_2 a apei de răcire în funcție de t_1, t_1' și φ_1

$\varphi_1 = 1\%$ *Tabela 6*

t_1	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
°C		50			60			70			80			90	
30	24,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	24,80	—	—	25,10	—	—	25,45	—	—	—	—	—	—	—	—
32	25,15	27,25	—	25,45	—	—	25,85	—	—	26,10	—	—	—	—	—
33	25,50	27,60	—	25,80	27,60	—	26,20	—	—	26,50	—	—	—	—	—
34	25,85	27,95	—	25,15	28,00	—	26,55	28,35	—	26,85	28,70	—	—	—	—
35	26,10	28,25	29,70	26,35	28,35	—	26,80	28,70	—	27,15	29,05	—	—	—	—
36	26,40	28,55	30,05	26,75	28,65	30,50	27,15	29,00	30,90	27,45	29,40	—	—	—	—
37	26,70	28,85	30,40	27,00	29,00	30,90	27,40	29,35	31,35	27,75	29,75	31,80	28,05	30,20	—
38	26,95	—	30,75	27,25	29,25	31,25	27,65	29,65	31,65	27,95	30,05	32,10	28,30	30,45	32,55
39	—	29,15	31,10	—	29,60	31,60	—	29,95	32,00	28,25	30,35	32,50	28,60	30,80	32,95
40	—	29,45	31,40	—	29,85	31,90	—	30,25	32,35	—	30,65	32,80	—	31,15	33,30
41	—	—	31,70	—	—	32,15	—	30,50	32,65	—	30,90	33,10	—	31,40	33,60
42	—	—	32,00	—	—	32,60	—	—	32,95	—	—	33,45	—	31,70	33,90
43	—	—	—	—	—	32,80	—	—	33,25	—	—	33,70	—	—	34,20
44	—	—	—	—	—	—	—	—	33,60	—	—	34,05	—	—	34,55
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,45	—	—	34,90

Apa caldă intră cu 39,1°C, în loc de 39°C.

Astfel, pentru $t_1' = 20$°C și $\varphi_1 = 89\%$ influența acestei zecimi de grad este de:

$$(31{,}15 - 30{,}80)\,0{,}1 = 0{,}035\text{°C}$$ asupra lui t_2.

Insă și aerul are temperatura de $t_1' = 20{,}4$°C, în loc de 20°C, așa că și aici e necesară o corecție de:

$$(32{,}95 - 30{,}80)\frac{0{,}4}{5} = 0{,}172\text{°C}.$$

Umiditatea aerului e de 89% deci corectura necesară va fi de:

$$(30{,}80 - 30{,}35)\frac{9}{10} = 0{,}405\text{°C}.$$

Toate aceste corecții se anulează, deci corecția totală va fi de $0{,}035 + 0{,}172 + 0{,}485 = 0{,}612$°C

Temperatura de ieșire garantată în aceste condiții va fi de $30{,}35 + 0{,}612 = 30{,}962$°C.

Temperatura măsurată de fapt la ieșirea din turn este însă $t_2 = 29{,}3$°C, deci turnul stabilește o temperatură de ieșire cu 1,662°C mai joasă decât temperatura garantată.

In U.R.S.S. [1]), Institutul Unional de Termotehnică (VTI) și Institutul de Proiectări Termoelectrice (TEP) s'au ocupat cu problema turnurilor de răcire. Pe baza acestor studii, s'a trasat de către L. D. Berman și A. V. Pertev o nomogramă ca în figura 13, în care intervine q (densitatea ploii), Δt (diferența de temperatură) τ (temperatura termometrului umed), τ/t_1' (raportul temperaturilor de intrare) și t_2 (temperatura apei răcite). Nomograma permite deter-

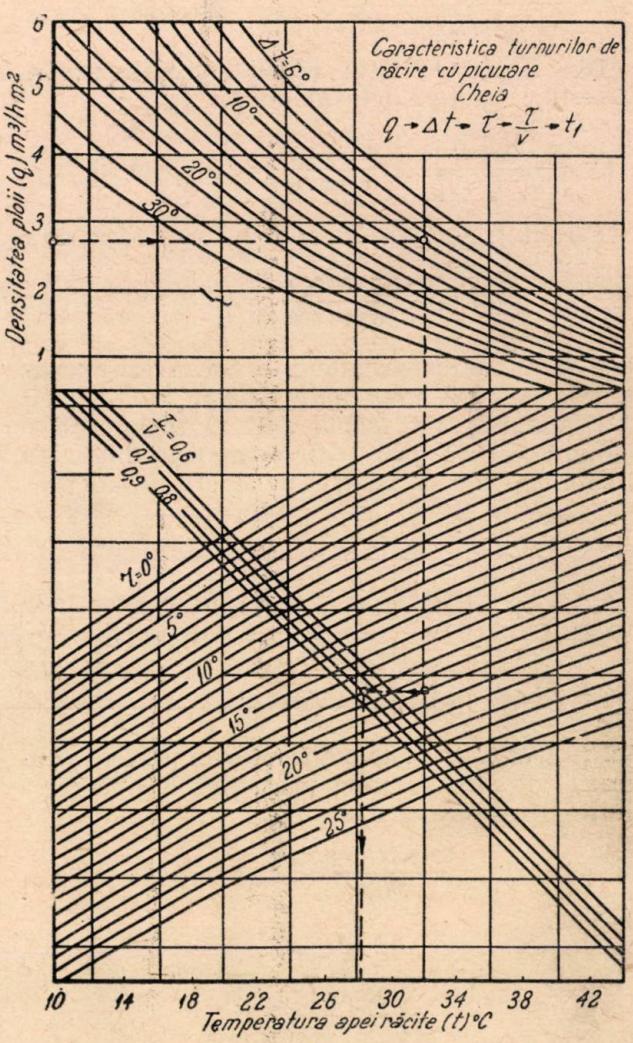


Fig. 13

[1]) *V. N. Pocrovschi*: Alimentarea cu apă a centralelor electrice, Editura Energetică de Stat, 1952, București.

= 25°C și $\varphi_1 = 54\%$. In figura 15 sunt date diagramele auxiliare I și II, prin care se aduc corecții lui t_2 în funcțiune de τ și φ_1, dacă t_1' de apă, la care apa e condusă pe suprafețe dispuse des, printre care trece aerul, deci apa nu se desprinde deloc de suprafețe, pe când

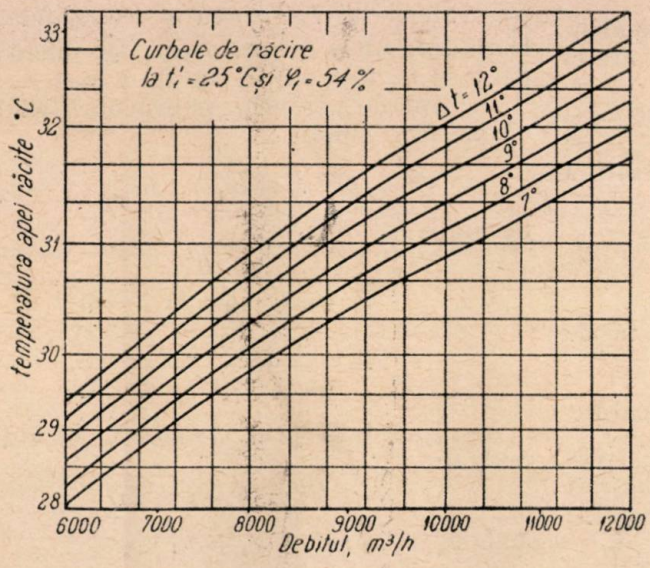


Fig. 14

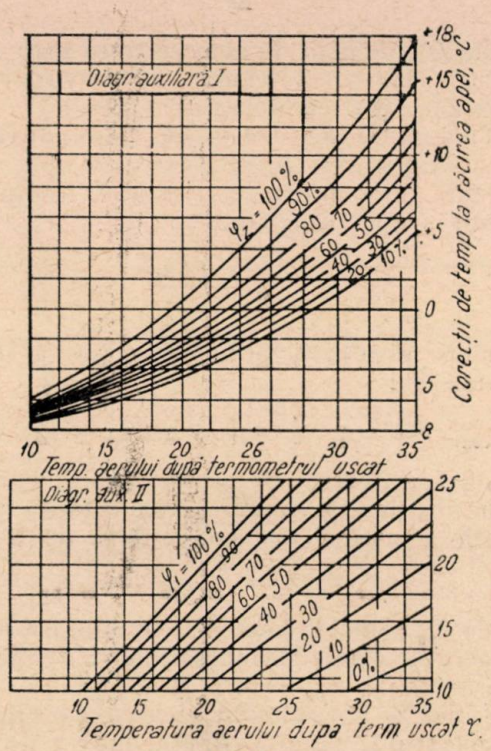


Fig. 15

și φ_1 sunt altele. Diagrama auxiliară II permite determinarea lui φ_1, când se cunosc t_1' și τ sau invers a lui τ, când se cunoaște t_1' și φ_1.

Tabela 7

S_1 m²	H m	Forma secțiunii S_1	Înălțimea de stropire h m	Sc/S_1
10	18		6—7	0,3—0,4
20	18	pătrat	6—7	0,3—0,4
50	19		6—7	0,3—0,4
100	21		6—7	0,3—0,4
200	23	poligon	6—7	0,3—0,4
500	29	echilateral	6—7	0,3—0,4
1000	36		7—8	0,3
1500	41		7—8	0,3
2000	46		7—8	0,3
2400	49		7—8	0,3

In tabela Nr. 7, sunt cuprinse dimensiunile principale ale celor mai răspândite turnuri de răcire cu stropire, iar în tabela Nr. 8 sunt aceleași dimensiuni pentru turnurile cu pânză

Tabela 8

S_1 m²	H m	Forma secțiunii S_1	h m	Sc/S_1
120	30	pătrat	7—5	0,35
300	35		7—5	0,35
500	40		8,0—8,5	0,40
650	40	poligon	8,0—8,5	0,40
800	45	echilateral	8,0—8,5	0,4—0,5
1200	45		8,0—8,5	0,4—0,5
1600	50		8,0—8,5	0,4—0,5

la turnurile anterioare apa era ghidată de suprafețe numai pe o parte a înălțimii de cădere.

6. METODA DE CALCUL

Calculul unui turn de răcire se compune din calculul termic și calculul de rezistență la care se mai adaugă și experiența constructivă. In cele ce urmează va fi însă vorba numai de calculul termic al turnului de răcire. Prin acest calcul se determină dimensiunile principale ale turnului, care sunt apoi avute în vedere la proiectul definitiv.

Prin calculul termic al instalației de răcire, se determină debitul de apă al turnului, intervalul de temperaturi și prin aceasta și sarcina termică a turnului. Se determină apoi debitul de aer necesar în acest scop și secțiunea necesară trecerii acestui aer prin turn. Luându-se un factor de contracție corespunzător se determină suprafața de bază a turnului. Din ecuațiile de transmitere a căldurii se determină și suprafața de prelingere necesară pentru producerea acestei transmiteri. La urmă, se determină înălțimea necesară turnului, pentru obținerea tirajului.

Se pleacă dela ecuațiile fundamentale stabilite în capitolele anterioare.

Căldura, care trebue evacuată din apă, e dată de formula:

$$Q = G \cdot \Delta t \text{ kcal/h},$$

unde G = debitul de apă și Δt = căderea de temperatură pe care o realizează turnul. De-

bitul de apă necesar unei instalații de condensatoare este :

$$G = \frac{D \cdot r_1}{\Delta t} \text{ kg/oră},$$

unde D e debitul de abur ce trece prin condensatoare, iar r_1 este căldura lui de vaporizare la presiunea din condensator.

Căldura Q se evacuează prin convecție și prin evaporarea cantității G' de apă, a cărei căldură de vaporizare r_2 se ia la temperatura medie a apei din turn :

$$t_m = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

căldura evacuată prin convecție e dată de formulele :

$$Q_{conv} = L \, c_{pm} (t_2' - t_1') = \alpha S (t_m' - t_m') \text{ kcal/h}$$

unde L e debitul de aer în kg/oră, care trece prin turn pentru răcire, c_{pm} este căldura specifică medie a acestui aer umed, dată de formula :

$$c_{pm} = (1 - x_m) \, c_{pa} + x_m \, c_{pv}$$

unde $c_{pa} = 0{,}24$ kcal/kg°C e căldura specifică a aerului uscat la presiunea și temperatura obișnuită și $c_{pv} = 0{,}46$ kcal/kg°C e căldura specifică a aburului în aceleași condițiuni de temperatură, x_m e conținutul mediu de vapori de apă al aerului din turn

$$x_m = \frac{x_1 + x_2}{2} \text{ kcal/kg}$$

iar t_m' este temperatura medie a aerului la trecerea prin turn :

$$t_m' = \frac{t_1' + t_2'}{2}$$

Căldura evacuată prin evaporare este dată de formulele :

$$Q_{evap} = G' \cdot r = \sigma S (x_2 - x_1) \, r = L \cdot r (x_2 - x_1) \text{ kcal/oră.}$$

Intre aceste ecuații, mai există și relațiile :

$$Q = Q_{conv} + Q_{evap} = G \cdot \Delta t$$

și

$$\alpha = k \cdot \sigma \cdot C_{pm}$$

unde $k \gtrless 1$.

Din ambele relații ale căldurii evacuate rezultă că :

$$L = \frac{\alpha S (t_m - t_m')}{c_{pm} (t_2' - t_1)} = \sigma S$$

Prin calcule algebrice simple se poate ajunge de aci la determinarea temperaturii t_2' de eșire a aerului din turn :

$$t_2' = \frac{2t_1 - \Delta t + (2k - 1) t_1'}{2k + 1} \qquad (85)$$

In general $k = 0{,}5 \ldots 1{,}5$. Dacă se ia $k = 1$, atunci $t_2' = \frac{2t_1 - \Delta t + t_1'}{3}$. Există prea puține date experimentale la scara naturală, publicate asupra valorii lui k, pentru a recomanda o valoare sau alta. In orice caz, t_2', diferă puțin dacă se ia $k = 0{,}9$ în loc de $k = 1$.

Debitul de aer necesar evacuării căldurii se obține din ecuația :

$$Q = Lr (x_2 - x_1) + L \, c_{pm} (t_2' - t_1')$$

de unde :

$$L = \frac{Q}{c_{pm} (t_2' - t_1' + r (x_2 - x_1)} = \frac{G \cdot \Delta t}{c_{pm} (t_2' - t_1') + r (x_2 - x_1)} \qquad (86)$$

Apa pierdută prin evaporare se obține cu relația :

$$G' = L (x_2 - x_1) \qquad (87$$

unde $x_2 = x_2' \cdot \varphi_2$ și $x_1 = x_1' \cdot \varphi_1$.

Suprafața de prelingere se calculează din relația :

$$Q = L (i_2 - i_1) = \alpha S (t_m - t_m') + \sigma S (x_2 - x_1) r,$$

de unde :

$$S = \frac{L \, \Delta i}{\left[k \, c_{pm} (t_m - t_m') + (x_2 - x_1) r\right] \sigma} \qquad (88)$$

Valoarea lui σ se calculează din formula (14 b).

$$\sigma = \frac{158}{k \cdot c_{pm}} \cdot (w \cdot c_{pm})^{3/8} \left(\frac{\lambda}{l}\right)^{1/8} \text{kcal/m}^2 \text{ h .°C} \qquad (89)$$

Coeficientul de aer va fi :

$$\lambda = \frac{\Delta t}{c_{pm} (t_2' - t_1') + (x_2 - x_1)} \qquad (90)$$

Secțiunea necesară trecerii aerului va fi la intrare :

$$S_{ci} = \frac{L}{\gamma_1 \cdot 3600 \, w_i} \, m^2 \qquad (91)$$

unde w_i este viteza la intrarea în turn, iar la ieșire :

$$S_{ce} = \frac{L}{\gamma_2 \cdot 3600 \, w_e} \text{ m}^2 \qquad (91 \text{ a})$$

unde γ_1 este greutatea specifică a aerului la intrare, iar γ_2 e cea dela ieșire.

Admițând un coeficient de contracție ε a secțiunii de trecere a aerului, suprafața de bază a turnului va fi :

$$S_1 = \frac{S_{ci}}{\varepsilon} \text{ m}^2 \qquad (92)$$

Valoarea lui ε se ia după practica sovietică de 0,4 . . .0,6. In cazul turnurilor mari și cu suprafață de prelingere din tuburi de ceramică se poate lua $\varepsilon = 0{,}75 \ldots 0{,}8$.

Înălțimea coșului se calculează pe baza tirajului necesar pentru acoperirea pierderilor prin frecare și a pierderilor de tiraj din turu. Ea se poate calcula cu formula:

$$H = \frac{\xi \cdot \gamma_m \cdot w^2}{2g(\gamma_1 + \gamma_2)} \qquad (93)$$

în care $w = \frac{w_i + w_e}{2}$ este viteza medie a aerului prin turn; ξ este un coeficient care înglobează toate pierderile turnului și are valoarea cuprinsă între valorile $\xi = 7{,}5 \ldots 20$, judecând după turnurile executate, iar $\gamma_m = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$ este greutatea specifică medie a aerului umed din turn.

Densitatea ploii va fi:

$$q = \frac{G}{S_1} = \frac{G}{S_{ci}} = 3600\,\gamma_1 \cdot \frac{\varepsilon \cdot W_1}{\lambda} \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}} =$$

$$= 3{,}6\,\gamma_1 \cdot \frac{\varepsilon w_i}{\lambda} \text{ m/h} \qquad (94)$$

Constantele constructive ale turnului sunt:

$$k_1 = (\gamma_1^2 - \gamma_2^2)\frac{(\Delta_i)^2}{b^2} \quad \text{și} \quad k_2 = \frac{S}{S_1}$$

unde $b = q \cdot \Delta^7$ m C/h

Cercetările care vor urma au de determinat mărimea coeficientului k, a lui α și mărimea coeficieutului de rezistență ξ, care depinde de felul construcției. In acest scop, este necesar să se standardizeze câteva tipuri de construcții ale suprafețelor de picurare și de prelingere și să li se determine cu rigurozitate coeficientul de rezistență ξ, pe baza căruia să se poată determina înălțimea necesară a turnului.

Bibliografie

1. *V. N. Pocrovschi*, Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice. Editura Energetică de Stat (trad.).
2. *L. D. Berman*, Isparitelnoe Ohlajdenie Tirculaționei Vod. Gosenergoizdat. Moscva.
3. *J. J. Keck*, Incercarea și calculul instalațiilor de răcire cu ajutorul diagramei i – t. V. D. I.

★

ТЕОРИЯ И РАССЧЕТ ГРАДИРЕНЬ

Резюме

В статье рассматривается влажный воздух, показываясь пригодность диаграмм влажного воздуха i—x и i—t. Излагается кратко содержание теории конвекции комбинированной с испарением и указывается неправильность так называемого „закона Люиса". В продолжение даются методы рассчета закрытых градирнь основанные на теоретических исследованиях.

PROBLEME DE ÎNCĂLZIRE UNIFORMĂ A CUPTOARELOR MODERNE DE COCS

Conf. Ing. I. BARBU

Se expun condițiile de funcționare a cuptoarelor moderne de cocs și se arată soluțiile problemelor puse de încălzirea cuptoarelor în general Se tratează în deosebi metoda de recirculație a gazelor arse, realizată prin diferite procedee constructive și soluții tehnice.

Dintre toate cuptoarele industriale, cuptorul care depinde cel mai mult de materia primă care se prelucrează și de procesul tehnologic utilizat, și despre care, datorită construcției sale particulare, putem spune că nu se pretează deloc la alte utilizări, este cuptorul de cocs.

Cuptorul de cocs are caracteristici obligate *de proprietățile cărbunelui, de temperatura și de regimul termic al cocsificării, ca și de posibilitățile instalațiunilor anexe.*

Deși pornit la desvoltare tehnică destul de târziu, — vârsta lui nu depășește astăzi mai mult de 125—150 de ani, — totuși foarte repede a ajuns la o formă constructivă ce n'a fost părăsită nici astăzi.

De mai bine de 100 de ani cocsul se fabrică în camere de cărămizi refractare de forma unui paralelipiped dreptunghiular așezat pe latura sa îngustă. (Fig 1).

Desvoltarea prin care a trecut cuptorul de cocs a fost numai de ordin secundar, în primul rând fiind probleme de economia și recuperarea căldurii, ca apoi, odată cu desvoltarea industriilor consumatoare de cocs și a celor consumatoare de produse chimice, să înceapă să apară și unele probleme impuse de calitatea cerută acestor produse.

Din acest motiv cuptorul de cocs începe să se bucure de o atenție mai specială, începe să fie îmbunătățit din punct de vedere tehnologic, termic și hidraulic.

Deși se poate considera cuptorul de cocs ca unul din cele mai complexe agregate termotehnice moderne, cu toate acestea, teoria calculului, proiectării și exploatării cuptoarelor de cocs a

rămas cu mult în urma desvoltării tehnice a acestuia.

Cercetătorii sovietici au atacat cu îndrăsneală acest aspect teoretic: în lucrările lui A. A. Agroskin și G. I. Halabuzar s'a ajuns la cuprin-

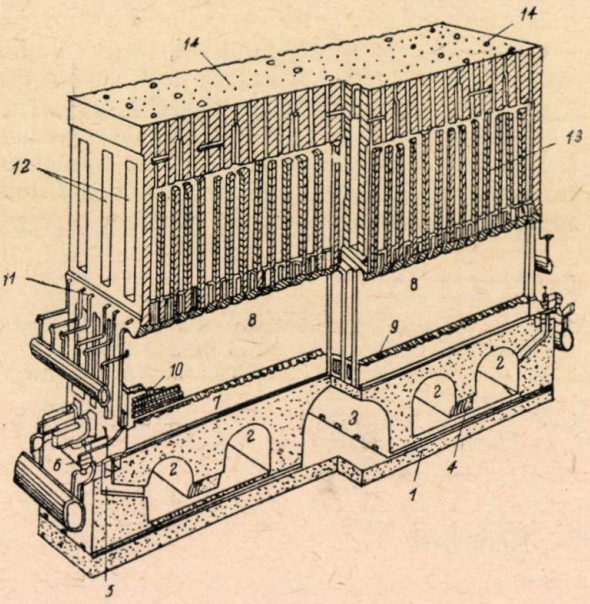


Fig. 1

derea vastului material pe care acest agregat îl oferă.

Dealtfel, în domeniul cuptoarelor, știința rusă și sovietică are o tradiție îndelungată, precursorul explicării fenomenelor din cuptoare și cocs fiind chiar Lomonosov; teoriile hidraulicei au fost puse la punct de membrii Academiei din Petrograd, Bernoulli și Euler, iar teoria cuptoarelor a fost desvoltată de V. E. Grum-Grijmailo.

Bateria de cocs este un agregat ce cuprinde 40—55 cuptoare, care se întinde pe un front de 60 de metri și care cuprinde o masă de cărămidă de 10 m înălțime și 13—15 m lățime.

Intr'o baterie de cocs se găsesc închiși 6.500 m^3 la o temperatură de 1000—1300°. (Spre comparație: cel mai înalt furnal nu depășește ca volum 1300 m^3).

Pentru aprecierea complexității agregatului și a problemelor pe care le pune, enumerăm mai jos condițiile care se cer la funcționarea acestui cuptor:

1) *un randament maxim de cocs, de calitate superioară;*

2) *degazarea completă a șarjei (cca 1% materii volatile în cocs) cu un randament maxim de gaz care să conțină un procent minim de gaze inerte (N_2, CO_2, O_2) ca și un randament cu o calitate optimă a produselor chimice;*

3) *un randament termotehnic ridicat al cuptoarelor;*

4) *o cât mai lungă durată de funcționare a cuptoarelor de cocsificare.*

Toate acestea la un loc pun o serie de probleme desul de greu rezolvabile și câteodată chiar în contradicție unele cu altele.

— Arderea gazului de încălzire (de cocs) cu un exces minim de aer, duce la formarea unei flăcări scurte care încălzește inegal peretele — respective șarja de cocs — în înălțime. Lungirea flăcării până la o înălțime de 4 m și asigurarea unei temperaturi relativ uniforme dela baza pilotului până la partea sa superioară, este o chestiune destul de dificilă.

— Cerințele de debite maxime și de degazare cât mai completă pun problema unor temperaturi cât mai ridicate, ceeace contrazice cerințele referitoare la calitatea cocsului și la durabilitatea cuptoarelor.

— Temperatură uniformă de 1000—1100° pe un perete de 13—14 m lungime și 4—4,5 m înălțime, cere o repartizare cât mai uniform posibilă a gazelor de încălzire. Acest lucru se poate realiza numai printr'o canaliare corespunzătoare, corect și exact executată.

— Transmisia de căldură optimă prin pereții dintre camerele de încălzire — „verticale" — și camera de cocsificare, duce la o grosime de maximum 120 mm a unor pereți, ce ocupă la o baterie modernă de cuptoare de cocs o suprafață de 5000—7000 mp.

Pe această suprafață imensă (1/2 hectar) chiar diferențe mici de presiune între cele două fețe ale peretelui, duc la scăpări de gaz dintr'o parte într'alta, acest fenomen petrecându-se în măsură și mai accentuată la pereți regeneratoarelor în care se învecinează curenți ascendenți de gaz (sau de aer) cu curenți descendenți ce pleacă la coș.

In cele de mai jos vrem să atragem atenția asupra unui aspect mai interesant și important al regimului de funcționare și al construcției cuptoarelor de cocs, aspect foarte important și în alte domenii.

Problemele de încălzire a cuptoarelor de cocs sunt extrem de ample și datorită faptului că durata de funcționare a unei baterii între două refaceri capitale, poate fi de 15—20 de ani și că temperatura, la care în tot acest timp cărămizile sunt menținute este de 1100—1350°. Este deci deosebit de importantă cunoașterea cât mai completă a acestor probleme

Problema încălzirii uniforme a peretelui de încălzire este acea care rezolvă problema de bază a uzinei cocso-chimice: furnizarea unui cocs de calitate uniformă și constantă.

Problema încălzirii uniforme a peretelui de încălzire a fost rezolvată relativ ușor, în lungimea pilotului, prin împărțirea camerelor de încălzire în focarele înguste denumite „verticale", verticale în care se poate regla debitul fiecărui arzător după necesitatea de căldură în peretele respectiv, deci în general mai mult înspre capetele cuptorului și proporțional mai mult înspre partea cocs decât înspre partea mașină, adică înspre partea în care cuptorul de cocs este ceva mai lat, (Fig. 2); nu acelaș lucru însă se poate

spune despre problema uniformizării temperaturilor în înălțime.

Dacă anumite artificii, cu introducerea diferențială a aerului pe înălțime, practicată de unele întreprinderi constructoare de cuptoare de cocs au dat oarecari rezultate totuși, prin această soluție constructivă, la baza vertcalelor, flacăra din lipsă de aer devine reducătoare și dă loc la disocieri și depuneri de carbon.

constitue factorul determinant al amestecării instantanee și perfecte a gazelor.

Dacă se studiază aerodinamica unei facle turbulente libere se vede că vâna de gaz ce iese din duza de ardere cu o viteză inițială V_0 își păstrează în centrul curentului, pe o porțiune oarecare, această viteză neschimbată.

Pe măsura înaintării vânei în mediul înconjurător în care $V = 0$, are loc amestecarea vânei

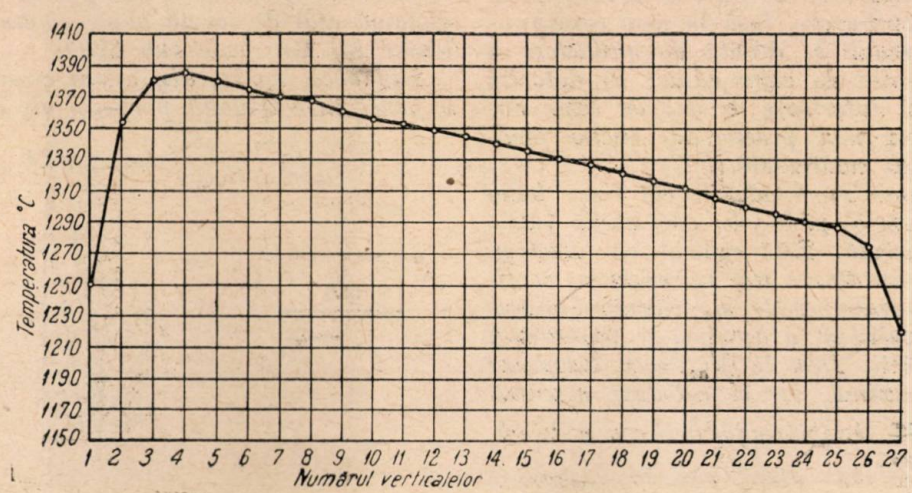


Fig. 2

Dintre celelalte soluții propuse, s'a impus ca una dintre cele mai eficiente : recircularea gazelor arse.

Acest lucru s'a realizat prin diferite aspecte constructive și soluții tehnice.

Baza principială a acestui sistem este realizarea unui curent circular de gaze în focar prin recircularea unei părți din gazele arse ce pleacă spre coș.

Din studiile făcute asupra formării flacării s'a observat că timpul necesar arderii unui gaz este împărțit în :

1) timpul necesar pentru amestecul aerului cu gazul ;

2) timpul necesar preîncălzirii până la punctul de aprindere și

3) durata reacției.

In condițiile ce există în cuptorul de cocs, atât durata reacției cât și timpul necesar preîncălzirii, se reduc la minimum deoarece gazele și aerul vin în stare preîncălzită și ajung aproape instantaneu la temperatura de aprindere, iar viteza de ardere este în mod practic infinită.

De aici se deduce că timpul necesar arderii depinde, în primul rând, de timpul în care se face amestecul curenților de gaz și aer, timp care depinde de fenomenele aerodinamice ce au loc în cadrul procesului de ardere a curenților în mișcare.

In fig. 3 se văd schemele simplificate ale intrării vânei de gaz în verticală.

Mișcarea gazelor în vâna de gaz, este în mod evident turbulentă, dar acest regim și amestecarea intensă care au loc între diferitele părți, nu

cu mediul înconjurător și se formează „stratul limitrof" amestecat.

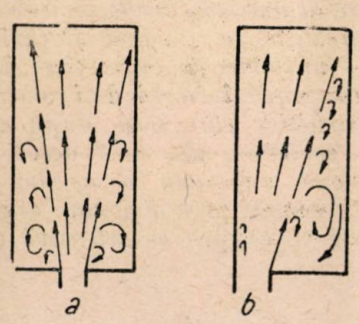


Fig. 3

Putem deosebi în mod net (fig. 4) „domeniul inițial" al faclei de gaz, care ține până în punctul amestecării complete cu gazele înconjurătoare, și „domeniul principal" al faclei, în care nu

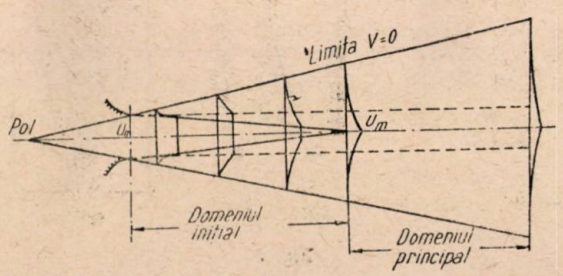


Fig. 4

mai avem deaface decât numai cu amestecul de gaze.

Este evident că acest caz general al unei vâne libere, nu poate avea loc în cuptorul de cocs, în verticale, unde spațiul este limitat și deci concluziile generale nu pot fi extinse aidoma.

Din studiile făcute asupra amestecării și arderii gazelor în cuptoare reese ca o concluzie din cele mai importante, că viteza absolută a curentului de gaz nu influențează în mod practic asupra lungirii faclei de ardere.

Aceasta deoarece: 1) *cu creșterea vitezei crește coeficientul de turburare, însă în mod corespunzător se micșorează și durata de străbatere a drumului respectiv de către vână*; 2) *datorită învăluirii vânei interioare de gaz de către curentul de aer, în mod practic este exclus fenomenul difuziunii moleculare.*

Aceste concluzii sunt valabile cât timp facla se formează dintr'o vână de gaz liberă într'o atmosferă nemișcată. Este evident că dacă și atmosfera înconjurătoare este în mișcare, coeficientul de tulburare crește și, intesificându-se amestecarea gazului și a aerului, se micșorează lungimea flacării. Deci la $V_{aer} = 0$ *lungimea flacării este maximă, iar la valoarea maximă a raportului* $\frac{V_{aer}}{V_{gaz}}$ *lungimea flacării este minimă.*

Bineînțeles că în afara vitezelor intervine și o serie de alte fenomene asupra lungimii flacării ca de exemplu: viscozitatea gazelor deci temperatura, elemente constructive, etc.

S'a arătat de exemplu că ciocnirea curenților de gaz și aer sau amestecarea lor prealabilă într'o cameră de amestec, duc la scurtarea flacării.

Aceste probleme a lungirii flacării și deci a încălzirii uniforme a cuptorului de cocs în înălțime a dus unele întreprinderi constructoare la soluții constructive care însă, după cum arată cercetătorii sovietici, nu sunt decât paleative, căci rezolvarea rațională a acestor probleme se poate face numai prin acționare asupra structurii flacării și asupra caracterului arderii în verticală.

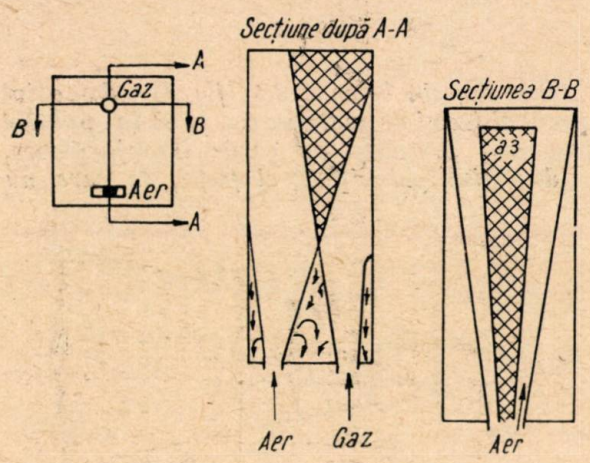


Fig. 5

Imaginea vânelor de gaz și de aer și a formării amestecului de gaz într'un cuptor de cocs se poate vedea în fig. 5.

Caracterul turbionar al mișcării acestor vâne corespunde unei valori a cifrei Re *între 4000—9000 (12.000) la ieșirea din orificiile de aer.*

Dacă ar fi să urmărim indicii pur formali ai curentului de gaz în partea superioară a verticalului, am ajunge la concluzia unui regim laminar, deoarece valoarea lui Re *ajunge la 1500—2000.*

Dar în realitate vârtejurile puternice apărute la intrarea în vertical, nu pot să dispară pe o distanță atât de scurtă chiar și atunci când valoarea lui Re *scade sub 3200.*

Din acest motiv, din cauza structurii diferite a faclei în cele două porțiuni ale verticalelor și

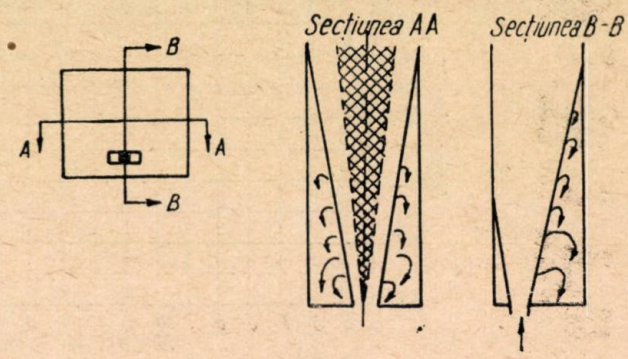


Fig. 6

acțiunea de alungire a flacării are două aspecte. In prima porțiune trebue să tindem la slăbirea caracterului turbionar al amestecării, iar în porțiunea a doua trebue să tindem la mărirea vitezei absolute a curenților.

In cazul încălzirii cu gaz de furnal sau gaz de generator, flacăra formată este mult mai alungită (fig. 6) deoarece puterea calorifică a gazelor este mult mai redusă și avem deaface cu o concentrație mai mică calorică a gazelor.

Condițiile aerodinamice din vertical sunt îmbunătățite și se obține o încălzire mai uniformă a cuptorului de cocs în înălțime.

Valoarea lui Re *este cuprinsă între 4000—9000 și intrarea curenților se face prin turbionare pronunțată, deoarece curenții vin alăturat și în unghi.*

In amândouă cazurile în verticalele cuptorului de cocs condițiile sunt de așa natură încât vâna de gaz are la intrare în vertical o mișcare turbulentă și pe măsura mișcării curentului de gaz pe vertical această mișcare se liniștește treptat.

In prima zonă domină amestecarea turbulentă a gazelor, iar în zona a doua, domină amestecarea prin difuziune moleculară.

Datorită acestei configurații și a condițiilor de lucru, pentru a obține o temperatură cât mai uniformă pe întreaga înălțime a verticalelor trebue să luăm toate măsurile necesare pentru a liniști arderea și a obține o amestecare încetinită.

Soluțiile prin care se pot realiza aceste obiective sunt: dirijarea paralelă a curenților de gaz: prin obținerea unui raport optim între vitezele aerului și a gazului, tinzând către $\frac{V_{aer}}{V_{gaz}} \cong 1$; *cree-*

rea unei grosimi favorabile a curenților de gaz și aer : micșorarea la minimum a valorii optime a suprafeței de separație dintre curenții de gaz.

Pentru rezolvarea acestei probleme, după cum am mai arătat, au fost propuse o serie de soluții dintre care cele care au dat cele mai puține rezultate sunt :

— construcțiile de cuptoare cu camere conice, așa numita „conicitate verticală" :

— îngroșarea părții de jos a pereților camerei ;

— încălzirea alternativă superioară și inferioară, propunere care nici nu s'a putut introduce pe scară largă în practică ;

— încălzirea cu ajutorul unor canale de încălzire orizontale. In acest sistem se lucrează în canale cu exces mare de aer și pierderile de presiune sunt foarte mari ;

— încălzirea diferențială a verticalelor ;

Dintre celelalte metode, cele care reglează procesul de ardere, trebue să pomenim în primul rând. :

— sistemul în care se îngustează secțiunea verticalelor în partea lor superioară. In acest

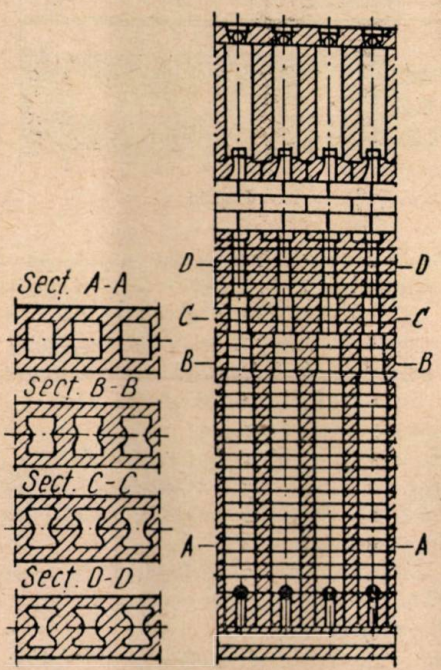


Fig. 7

sistem care a dat rezultate bune, posibilitățile de lucru sunt totuși îngrădite în anumite limite ;

— la construcțiile obișnuite de cuptoare raportul între $\frac{V_{gaz}}{V_{aer}}$ *este egal cu* $\frac{3-2}{l}$ *(viteza gazului este de 5—6 m/s, iar viteza aerului 2.5 m/s). La cuptoarele cu canale transversale s'a realizat o creștere puternică a vitezelor gazului (100°C) până la 9 m/s, iar viteza aerului s'a mărit până la 6 m/s (1000°C) obținându-se un raport :*

$$\frac{V_{gaz}}{V_{aer}} = \frac{1,4}{l}$$

Această realizare importantă din punct de vedere tehnic, a dus la îmbunătățirea condițiilor de încălzire la acest tip de cuptoare, confirmând concluziile teoretice ale teoriei generale a arderii. Efectul util este pierdut parțial prin : 1) creșterea turbionării în partea de jos a verticalului ; 2) micșorarea elasticității sistemului ; 3) prin faptul că puternica îngustare a arzătorului duce la o mărire a secțiunii transversale a lui, ce devine comparabilă cu secțiunea crăpăturilor zidăriei, fapt ce duce la pierderi însemnate de gaze prin zidărie ;

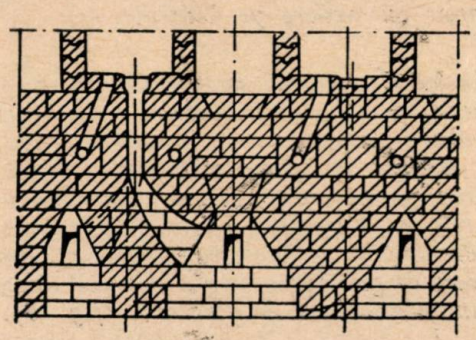


Fig. 8

— In cuptoarele sovietice Ghiprococs s'a realizat, în ultimii ani, o alungire a flacării prin aducerea paralelă a curenților de gaz, realizată prin îndreptarea canalelor oblice (fig 8) ;

— la cuptorul V. E. Grum-Grîjmailo, autorul a propus o circulație liberă a gazelor în peretele de încălzire, care deși destul de dificil de realizat din punct de vedere constructiv, reprezintă o încercare destul de interesantă de rezolvare a problemei (fig 9).

Metoda cea mai reușită de uniformizare a încălzirii în înălțime a cuptoarelor de cocs este metoda recirculării gazelor arse.

Insistăm în mod deosebit asupra acestei metode deoarece principiile ei pot fi extinse și la o serie de alte instalații tehnice.

Avantagiile recirculării gazelor de încălzire sunt :

1) se micșorează concentrația gazelor combustibile și se încetinește procesul de amestecare, prin aceasta se mărește timpul necesar arderii

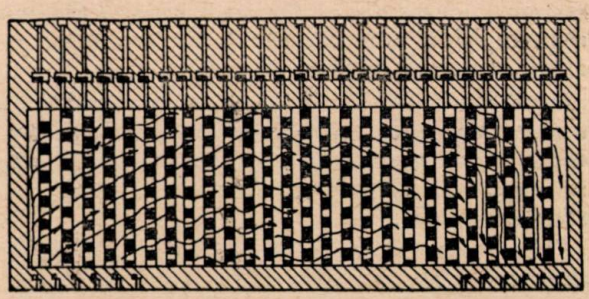


Fig. 9

și deci lungimea zonei de ardere — înălțimea flacării ;

2) lungimea flacării se mărește ;

3) dispare un centru de ardere bine precizat și temperaturile se egalizează;

4) prin creșterea volumului de gaz din curentul circular, la o construcție corectă, se poate evita formarea de vârtejuri sau a unor zone turbionare prea mari, iar în zona superioară se obține o încetinire a procesului de amestecare.

Raportul de recirculație (raportul dintre cantitatea de gaz în circulație și de gaz proaspăt) se reglează după solicitarea termică a sistemului, fie prin autoreglare — prin termoejecție — sau prin reglare artificială — ejecție mecanică — la cuptoarele cu ardere pe dedesubt.

Principiul metodei de recirculare a gazelor se bazează pe legarea în paralel a două verticale de încălzire „îngemănate", în care în mod alternativ se face arderea în curent ascendent și coborîrea gazelor arse în ramura descendentă. Între cele două verticale se practică la baza peretelui despărțitor o fereastră, prin care, curentul ascendent de gaz absoarbe din curentul descendent o anumită cantitate de gaze arse (fig. 10).

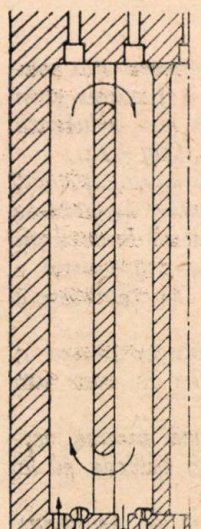


Fig. 10

După unele concepții fenomenul recirculației se bazează pe efectul pur dinamic al absorbției gazelor ce ies din duzele de aer fără să intervină alte fenomene ca de exemplu: temperaturile, diferența de greutate specifică sau altele. Dar cercetătorii sovietici au arătat că lucrurile nu stau așa.

In diferite experiențe s'a stabilit că raportul dintre cantitatea de gaz ars și cantitatea de gaze recirculate este, la o funcționare normală, în medie de 1/1, la sarcini reduse de 0,6/1 și crește la sarcini ridicate, modificându-se în mod automat, până la 1,5/1.

Prin această autoreglare se obține o echilibrare a transmisiei de căldură între diferitele perioade ale cocsificării.

La fel, la încălzirea cu gaz sărac (furnal sau generator) curentul circular scade în mod automat deoarece, după cum am văzut, încălzirea cu gaz furnal este mult mai uniformă.

După studiile făcute, la mărirea cantității de gaze arse se mărește și raportul dintre: cantitatea de gaze arse plus cantitatea de gaze din curentul circular/cantitatea de gaze din curentul circular.

Prin urmare, la un debit mai redus al cuptoarelor, deci un consum mai mic de gaze, crește cantitatea de gaze în circuit ducând la o egalizare a temperaturii.

Trebue remarcat că încercările făcute de firmele capitaliste de a utiliza curentul circular, au un caracter pur empiric, iar unele date de literatură, au caracter de reclamă.

Primele lucrări științifice privind teoria și practica utilizării curentului circular, au fost realizate de cercetătorii sovietici.

Cercetătorii sovietici au studiat: calculul teoretic al procesului; scurtcircuitul gazelor — de

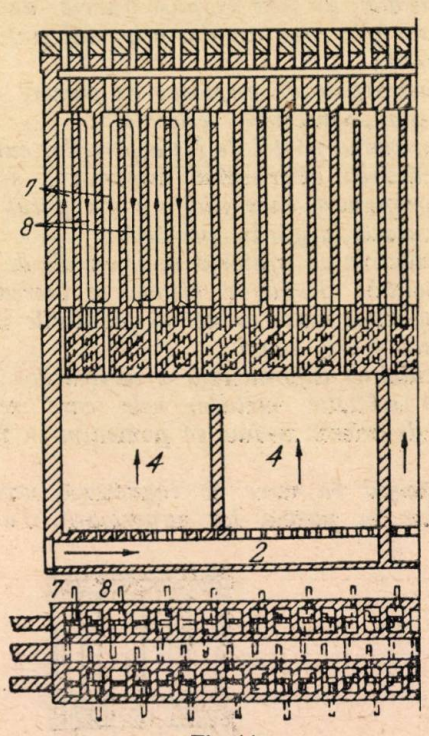


Fig. 11

care firmele capitaliste nici nu pomenesc — ; calculul raportului de recirculație; ei au elaborat sisteme noi de utilizare a curentului circular.

Ghiprococsul a dat o atenție deosebită acestei metode perfecționând încontinuu construcția cuptoarelor cu canale îngemănate și curent circular proiectate de acest Institut.

O soluție originală a fost recirculația „dealungul" (fig. 11), în care absorbția de gaze arse nu se face din canalul pereche, ci din verticalul vecin descendent.

Tot Ghiprococsul a introdus la construcția cuptorului cu canale transversale sistemul de recirculație (fig. 12).

Trebue remarcat că lucrările sovietice se bazează pe îndelungate cercetări experimentale, pe folosirea de modele cu apă, aer și cocs și înainte de construcția unor uzine întregi, s'a trecut la ridicarea unor baterii experimentale.

A. A. Agroskin a studiat la Uzina Cocso-chimică din Novo Makeevka, în cuptoare industriale condițiile în care se produce scurtcircuitul gazelor și mărirea curentului recirculat la diferite perioade de cocsificare.

Prin introducerea unei cantități determinate de CO_2 s'a putut măsura cantitatea de gaze care ia parte la curentul circular.

S'a arătat printre altele că la o perioadă de cocsificare de 14 ore, la încălzirea cu gaz de cocs cantitatea de gaze recirculate era de 20,2%, iar la încălzirea cu gaz de furnal cantitatea de gaze recirculate scădea la 11,6%.

S'a observat că scurtcircuitul se produce între cele două canale învecinate, la mărirea tirajului.

Studiile făcute asupra influenței duratei de cocsificare și deci a debitului de gaz, respectiv

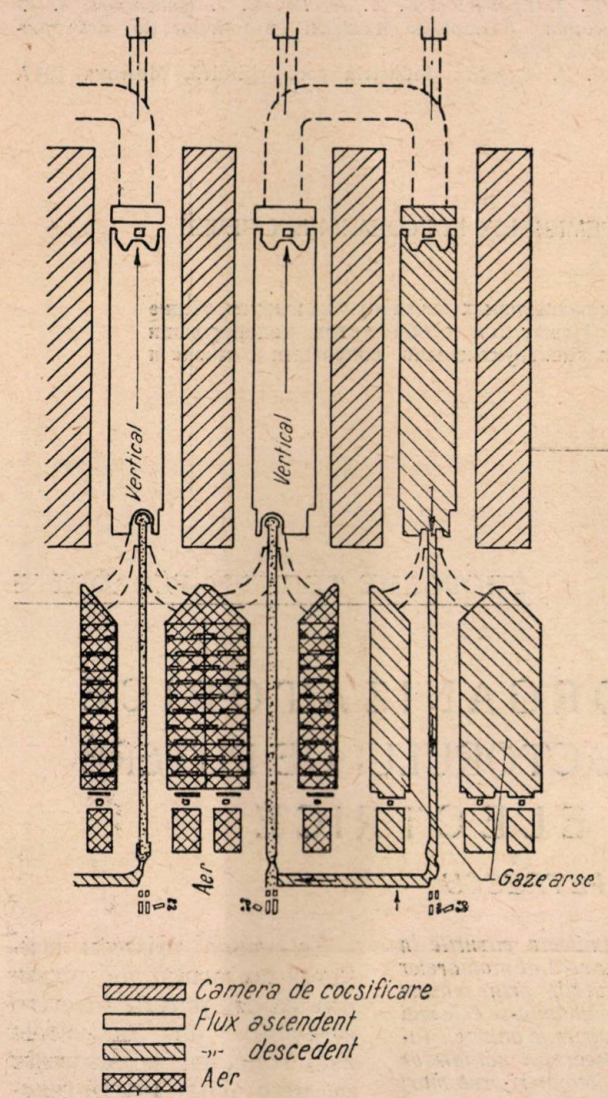


Fig. 12

a turbulenței la intrarea în vertical, au arătat că „autoreglajul" este un fenomen general care însă are anumite limite date de slăbirea forței de ejecție a vânei de gaz ascendent.

Cercetările făcute cu $Re_{intr.} = 9000 - 7000 - 4000$ arată că la perioada de cocsificare de peste 27 ore coeficientul de recirculare nu mai poate crește mult.

Incercările făcute cu modele cu aer și în industrie au arătat ce rol important au detalii constructive ca de exemplu mărimea ferestrei și poziția acesteia față de nivelul inferior al verticalului (talpa vetrei).

Pe baza unor multiple studii cercetătorii sovietici au dedus ecuația recirculării gazelor sub forma :

în care :

V_r — *volumul gazelor recirculate m^3/s,*
g — *9,81,*
C — *o funcție de rezistență,*
V_c — *volumul de gaze combustibile în m^3/s,*
V_a — *volumul de aer în m^3/s,*
A_c — *secțiunea arzătorului în m^2,*
A_0 — *secțiunea canalelor oblice în m^2,*
A — *secțiunea verticalului,*
γ — *greutăți specifice (cu indice : c = gazul combustibil, a = aer ; $p.a.d.$ = gaze arse descendente $p.a.a.$ = gare arse ascendente ;*
H — *înălțimea verticalului ,*
$V_{p.a.}$ — *volumul gazelor arse,*
$\xi_{f_2}\ \xi_r$ — *rezistențe locale la fereastră și la punctul superior,*
n — *raportul dintre viteza la nivelul ferestrei inferioare și viteza în vertical.*

Această ecuație aplicată în condițiile experiențelor făcute, dă rezultate foarte apropiate de măsurătorile făcute în industrie.

Eecuația arată că fenomenul de recirculație se exlică prin acțiunea comună a diferenței de temperatură și a injectării vânei ascendente de gaz.

In ultimii ani, noile construcții realizează recirculația prin utilizarea unui ejector de gaz care absoarbe cu ajutorul unei vâne de gaz combustibil (cocs,), gazele arse și le recirculă în vertical.

Față de recircularea normală — prin termoejecție — ejecția mecanică (cu vână de gaz) se deosebește prin :

a) lipsa fenomenului de autoreglare ;

b) înlocuirea fenomenului complex de modificare a caracterului amestecării gazelor și a lungirii flacării prin simpla diluare a gazului de cocs cu gaze.

Totuși, ejecția mecanică are anumite avantagii, prin faptul că permite reglarea la fiecare arzător.

Construcțiile industriale cele mai răspândite în industrie se bazează însă pe recircularea „naturală", prin termoejecție, ale cărei probleme teoretice au fost lămurite abia în ultimii ani.

Cercetătorii sovietici, mai ales Prof. A. A. Agroskin și colaboratorii săi au arătat că, fenomenul recirculației poate să fie cuprins și din punct de vedere teoretic, și au arătat că, teoria ce s'a emis în cadrul lucrărilor firmei Koppers, după care recircularea ar avea loc prin simpla sugere a gazelor nu stă în picioare.

In concluzie, se poate arăta că, din metodele de încălzire a unei suprafele de 130 m^2 la 1200° în mod

$$V_r = \sqrt{\frac{g}{C}\left[\frac{V_c^2}{gA_cA}\ \frac{\gamma_c}{\gamma_{p.a.d.}} + \frac{V_a^2}{g\ A_0A}\ \frac{\gamma_a}{\gamma_{p.a.d.}} + H\ (\gamma_{p.a.d.} - \gamma_{p.a.a.})\right]} - V_{p.a.}$$

$$C = \left(\xi_{f_2} + \xi_r + 2\lambda\frac{l}{d}\right)\frac{0{,}5}{A^2}\ (n^2 - 1)\frac{0{,}5}{A^2}$$

uniform, așa cum sunt condițiile într'o cameră de încălzire a cuptorului de cocs, cea mai simplă, eficace și mai interesantă este cea prin recircularea gazului, fenomen a cărei lămurire și cuprindere teoretică este un nou succes al științei sovietice.

Bibliografie

1. *A. A. Agroskin* și *N. J. Cijevski*: Cocsificarea, Moscova.
2. *A. A. Agroskin*: Mișcarea gazelor și transmisia de căldură în cuptoarele de cocsificare, Moscova — Leningrad, 1949.
3. *K. I. Lgalov*: și *G. A. Iocolov, G. I. Halabuzari, S. I. Kaftan*: Tehnologia încălzirii cuptoarelor de cocs Moscova 1949.
4. *G. I. Deșalit*: Industria cocso-chimică, Moscova 1947.

★

ВОПРОСЫ РАВНОМЕРНОГО НАГРЕВА СОВРЕМЕННЫХ КОКСОВАЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Резюме

Излагаются условия работы современных коксовальных печей и указываются общие решения вопросов поставленных нагревом печей. Трактуется особо метод рециркуляции отработанных газов, осуществленный различными конструктивными способами а также и технические решения.

PROBLEME TEHNICO-ECONOMICE

MĂSURI TEHNICO-ORGANIZATORICE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE ÎN REȚELELE ELECTRICE

Prof. Dr. Ing. G. PETRESCU

In prezentul articol sunt indicate cazurile în care factorul de putere natural al motoarelor asincrone poate fi îmbunătățit prin măsuri tehnico-organizatorice, examinându-se cele mai avantajoase din aceste măsuri și anume: Ridicarea factorului de încărcare al motoarelor prin înlocuirea motoarelor de puteri prea mari cu motoare de o putere mai mică; reducerea duratei de mers în gol prin introducerea de limitatori de mers în gol, schimbarea conexiunilor din triunghiu în stea la sarcina redusă; schimbarea numărului de spire în serie în bobinajul statorului prin secționarea bobinajului; verificarea bunei execuții a reparațiilor din punct de vedere al bobinajului și din punct de vedere al întrefierului; înlăturarea creșterilor de tensiune în rețea; utilizarea optimă a capacității de compensare a motoarelor sincrone racordate la rețea; înlocuirea motoarelor asincrone prin motoare sincrone.

I. Considerații generale

In articolul publicat într'un număr anterior al acestei reviste [2]), s'au arătat care sunt cauzele și efectele scăderii factorului de putere în rețelele electrice.

După cum s'a indicat în acel articol, scăderea factorului de putere se datorește pe de o parte puterii reactive, iar pe de altă parte puterii deformante absorbite de receptorii din rețea.

In ceeace privește puterea reactivă, s'a arătat că cea mai mare parte din puterea reactivă absorbită și anume circa 70%, este datorită motoarelor asincrone racordate la rețea. Restul de 30% se repartizează între transformatorii statici (circa 20%) și liniile de transport, precum și diferiți alți receptori (circa 10%).

In ceeace privește scăderea factorului de putere din cauza puterii reactive absorbite de motoarele asincrone, ea se datorește pe de o parte puterii reactive absorbite în regimul nominal pentru care au fost proiectate și construite motoarele și pe de altă parte condițiilor reale de exploatare.

Valoarea puterii reactive absorbită de motoarele asincrone în regimul nominal a fost studiată în articolul precedent.

Principalele cauze de scădere a factorului de putere în exploatare formează obiectul prezentului articol și sunt următoarele:

1. Funcționarea motoarelor în sarcină medie mai redusă decât sarcina nominală.
2. Funcționarea motoarelor în gol, în anumite perioade de lucru.
3. Funcționarea motoarelor sub o tensiune mai ridicată decât tensiunea nominală.
4. Schimbarea condițiilor nominale de funcționare, datorită pe de o parte modificării

[2]) Aspecte tehnico-economice ale problemei factorului de putere. Cauzele și efectele scăderii factorului de putere în rețelele electrice. — Revista Energetica Nr. 3 — Martie 1953.

datelor bobinajelor prin reparația bobinajelor executată în mod defectuos și pe de altă parte datorită modificării întrefierului, prin uzura cuzineților sau prin reparații necorespunzătoare.

Imbunătățirea factorului de putere în cazul receptorilor de putere reactivă poate fi realizată prin mai multe metode :

1) Reducerea puterii reactive absorbită de acești receptori și în special a celei absorbite de motoarele asincrone. Aceasta constitue o îmbunătățire a factorului de putere natural al receptorilor.

2) Schimbarea caracterului motoarelor din punct de vedere funcțional ;

a) transformând motoarele în motoare asincrone sincronizate ;

b) transformând motoarele în motoare asincrone compensate, prin montajul în cascadă cu mașini compensatoare cu colector, polifazate ;

c) utilizând motoare asincrone compensate cu colector.

3) Producerea de putere reactivă în puncte cât mai apropiate de punctele de consumație, prin anumite instalații speciale (mașini sincrone supraexcitate sau condensatori statici), pentru a evita transportul puterii reactive dela centrală prin liniile de transport și rețelele de distribuție.

Măsurile indicate la punctele 2 și 3 constitue îmbunătățirea factorului de putere prin mijloace artificiale de compensare a puterii reactive.

Măsurile cele mai cunoscute pentru îmbunătățirea factorului de putere natural al receptorilor sunt :

1) Ridicarea factorului de încărcare al motoarelor, prin înlocuirea motoarelor de puteri prea mari prin motoare de o putere mai mică.

2) Reducerea duratei de mers în gol, prin introducerea limitatorilor de mers în gol.

3) Reducerea fluxului rezultant în stator în cazul motoarelor insuficient încărcate, prin ; *a*) schimbarea conexiunilor din triunghi în stea ; *b*) schimbarea numărului de spire în serie în bobinajul statorului.

4) Verificarea bunei execuții a reparațiilor ; *a*) din punct de vedere al bobinajului ; *b*) din punct de vedere al întrefierului.

5) Inlăturarea creșterilor de tensiune în rețea.

O parte din aceste măsuri și în special ridicarea factorului de încărcare poate fi aplicată în aceleași condiții și în cazul transformatorilor statici.

Toate aceste măsuri, având ca scop ridicarea factorului de putere natural al motoarelor asincrone, pot fi considerate ca măsuri tehnico-organizatorice de îmbunătățire a factorului de putere. Ele nu necesită instalații speciale suplimentare, cum se întâmplă în cazul când se folosesc mijloace artificiale de îmbunătățire a factorului de putere.

Tot în cadrul măsurilor tehnico-organizatorice poate fi considerată și îmbunătățirea factorului de putere prin înlocuirea motoarelor asincrone prin motoare sincrone, acolo unde caracteristicile utilizării permit acest lucru precum și utilizarea optimă a capacității de compensare a motoarelor sincrone în funcțiune.

In ceeace privește reducerea consumului de putere reactivă în instalații noi, măsurile tehnico-organizatorice care pot fi luate se referă la construcția mașinilor electrice și a transformatorilor statici și anume la limitarea curentului magnetizant absorbit de acești receptori.

In țara noastră, în cazul motoarelor asincrone de construcție normală până la 100 kW și 500 V, curentul magnetizant este limitat de valoarea factorului de putere la plină sarcină, fixat de standardul de „Motoare asincrone trifazate", Condiții tehnice, STAS 2755—51.

In cazul transformatorilor statici până la 1000 kVA și 35 kV, curentul magnetizant de mers în gol este limitat prin valorile fixate prin standardul de „Transformatori trifazați în ulei," Condiții tehnice, STAS 1708—50.

In cazul receptorilor deformanți, îmbunătățirea factorului de putere nu poate fi făcută decât prin reducerea puterii deformante consumată de receptori.

In rețelele de distribuție electrică nu există posibilitatea practică de compensarea puterii deformante absorbită de anumiți receptori printr'o altă putere deformantă produsă de o instalație de compensare.

In ceeace privește scăderea factorului de putere datorită puterii deformante, măsurile care pot fi luate se referă numai la condițiile tehnice de construcția mașinilor și aparatelor electrice și anume :

a) Evitarea în construcția transformatorilor și motoarelor electrice a valorilor prea ridicate ale inducției magnetice care să conducă la saturația magnetică a tolelor.

b) Utilizarea de redresori statici de puteri mai mari numai cu un număr mare de faze (redresori hexafazați sau dodecafazați).

c) Proiectarea și construirea alternatorilor din centrale și a celorlalte mașini din rețea așa încât să producă o forță electromotoare cât mai sinusoidală.

II. Imbunătățirea factorului de putere prin mărirea factorului de încărcare al motoarelor

Considerații generale asupra factorului de încărcare al motoarelor asincrone din diferite domenii industriale.

Factorul de încărcare al motoarelor influențează într'o mică măsură valoarea puterii reactive absorbită, în schimb influențează într'o măsură foarte mare valoarea factorului de putere.

Intr'adevăr, puterea reactivă absorbită de un motor asincron se poate descompune în două componente :

a) Puterea reactivă de mers în gol, corespunzătoare curentului magnetizant al motorului și care în mod practic, este independentă de sarcini

$$Q_0 = L \cdot \omega \cdot I_\mu^2$$

b) Puterea reactivă corespunzătoare câmpurilor magnetice de dispersiune (de scăpări), care este determinată de căderea de tensiune inductivă datorită reactanței de scăpări L_s și care este proporțională cu patratul sarcinii :

$$Q_s = L_s \omega I^2$$

Prima componență denumită și puterea reactivă de mers în gol, reprezintă circa 2/3 din puterea reactivă totală a motorului funcționând la sarcină nominală și anume :

— circa 60% la motoarele care au factor de putere ridicat, de ordinul 0,9 . . .0,93 ;

— circa 70% la motoarele care au un factor de putere mai redus de ordinul 0,77 . . .0,80.

Cum însă, în condiții uzuale de funcționare valoarea factorului mediu de încărcare a motoarelor asincrone din industrie este mai mic decât 0,5 rezultă că, din punct de vedere practic, valoarea componentei de mers în gol reprezintă circa 85% . . .90% din puterea reactivă efectiv absorbită în exploatare.

Aceasta conduce la o concluzie foarte importantă în legătură cu problema îmbunătățirii factorului de putere și anume, că din punct de vedere al compensării, puterea reactivă cerută rețelei de un motor asincron în funcțiune, se poate considera aproximativ constantă și independentă de variațiile de sarcină. In schimb însă, valoarea factorului de putere al motorului variază în limite foarte largi cu sarcina, datorită tocmai faptului că, în timp ce puterea reală absorbită scade în aceeași măsură cu sarcina, puterea reactivă rămâne aproape constantă.

Expresia factorului de putere în funcție de valoarea factorului de încărcare se poate deduce din relația :

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_0 + Q_s)^2}}$$

Notând cu :

P_n = puterea reală nominală a motorului ;

$\beta_m = \frac{P}{P_m}$ factorul de încărcare ;

$\cos \varphi_n$ = factorul de putere la sarcina nominală ;

Q_n = puterea reactivă absorbită de sarcina nominală ;

$\alpha = \frac{Q_0}{Q_n}$ = valoarea procentuală a puterii reactive de mers în gol față de puterea reactivă la sarcina nominală ;

$(1-\alpha)\, Q_n$ = valoarea puterii reactive de scăpări la sarcina nominală și ținând seama ,după cum se arată și în lucrarea lui L. V. Litvac *), că valoarea puterii reactive de scăpări la o sarcină oarecare poate fi considerată proporțională cu pătratul factorului de încărcare, se poate scrie :

$$Q_s = (1 - \alpha)\, Q_n\, \beta_m^2$$

și în consecință :

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_n^2 [\alpha + (1 - \alpha)\, \beta_m^2]^2}}$$

sau divizând cu P_n :

$$\cos \gamma = \frac{\beta_m}{\sqrt{\beta_m^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_n [\alpha + (1 - \alpha)\beta_m^2]^2}} =$$

$$= \frac{\beta_m}{\sqrt{\beta_m^2 + \left(\frac{1}{\cos^2 \varphi_n} - 1\right)[\alpha + (1 - \alpha)\, \beta_m^2]^2}}$$

Considerând că pentru motoare de 1000 . . . . . 3000 rot/min se poate lua ca valoare medie a factorului de putere la puterea nominală $\cos \varphi_n = 0{,}85$ și $\alpha = 0{,}65$ rezultă :

$$\cos \varphi = \frac{\beta_m}{\sqrt{\beta_m^2 + 0{,}38\, (0{,}65 + 0{,}65\, \beta_m^2)^2}}$$

Variația factorului de putere în funcție de factorul de încărcare β_m rezultând din această expresie este reprezentată prin curba din figura 1.

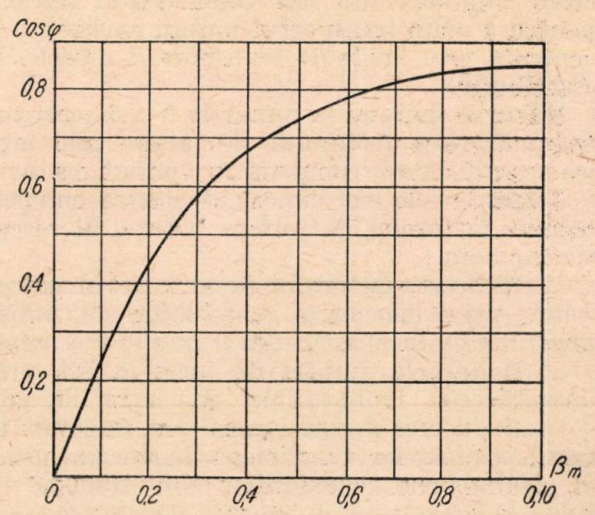


Fig. 1

Această variație are consecințe practice foarte importante, deoarece cea mai mare parte din motoarele întrebuințate în industrie funcționează cu un factor de încărcare foarte redus, cuprins între 25% și 50%.

Această concluzie este ilustrată în modul cel mai sugestiv prin datele publicate în lucrarea menționată asupra constatărilor făcute cu privire la valoarea coeficienților reali de cerere de putere în diferitele ramuri din industria sovietică.

Coeficientul de cerere de putere K_c este definit ca raportul dintre puterea maximă P_m absorbită de toți receptorii racordați și puterea totală instalată ΣP_i a acestor receptori.

Valoarea coeficientului de cerere de putere rezultă din expresia :

$$K_c = \frac{P_m}{\Sigma P_i} = \frac{K_0\, \beta_m}{\eta_m \eta_r}$$

*) L. V. Litvac : Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale (traducere din l. rusă). Editura Energetica de Stat, 1952.

în care K_0 este coeficientul de simultaneitate caracterizând coeficientul de funcționare simultană a motoarelor;

β_m = factorul mediu de încărcare al motoarelor,

η_m = randamentul mediu al motoarelor corespunzând factorului mediu de încărcare;

η_r = este randamentul mediu a rețelei.

Pe baza măsurătorilor făcute în diferite ramuri ale industriei sovietice, s'au găsit pentru coeficientul de cerere de putere valorile indicate în tabela 1 de mai jos, care sunt simțitor mai reduse decât valorile calculate pe bază de coeficienți indicați în diferite tratate.

Tabela 1

	Denumirea grupelor de întreprinderi	Coeficientul real de cerere mediu
1	Construcții de mașini grele	0,25
2	Construcții de aparate	0,18
3	Construcții de mașini unelte	0,13
4	Uzine de rulmenți	0,24
5	Uzine electrotehnice	0,23
6	Uzine constructoare de utilaj C.F.	0,16
7	Uzine de reparații auto	0,22
8	Uzine de reparații vagoane	0,16
9	Diverse uzine constructoare de mașini	0,21
10	Diverse uzine prelucrătoare	0,21
11	Fabrici pentru prelucrarea lemnului	0,19
12	Uzine chimice	0,28
13	Fabrici de încălțăminte	0,43
14	Fabrici textile	0,50
15	Fabrici de cofetărie	0,33
16	Tipografii	0,28
17	Frigorifere	0,41
18	Fabrici de pâine	0,34

Din aceste date cu caracter practic se poate deduce valoarea aproximativă a factorului de încărcarea motoarelor, pe baza expresiei:

$$\beta_m = \frac{K_c}{K_0} \eta_m \eta_r$$

Dacă se consideră că valoarea medie a randamentului motoarelor la o încărcare de 30 . . .50 % este $\eta_m = 0{,}75$, iar valoarea medie a randamentului rețelei de distribuție $\eta_r = 0{,}95$ și dacă se ia pentru coeficient de simultaneitate valoarea $K_0 = 0{,}5$ sau în alternativa $K_0' = 0{,}6$ rezultă că factorul mediu de încărcare al motoarelor $\beta_m = 1{,}4\, K_c$ sau $\beta_m' = 1{,}2\, K_c$.

Valorile factorului de încărcare astfel calculate pentru diferite feluri de industrii precum și valorile factorului de putere care corespund pe curbele din figura 1 sunt indicate în tabela 2.

Se menționează deasemenea că în industria petroliferă extractivă, factorul de putere variază în jurul valorii de 0,5.

Pe lângă celelalte cauze care sunt valabile și pentru alte industrii și în special factorul de încărcare redus, scăderea factorului de putere se datorește în acest caz și construcției speciale a motoarelor asincrone utilizate în această industrie cu un întrefier mărit în vederea măririi securității în funcționare. Valorile atât de reduse care rezultă pentru factorul de încărcare și respectiv pentru factorul de putere al motorului au două explicații:

Tabela 2

	Denumirea grupelor de întreprinderi	Factor de încărcare pentru $K_0 = 0{,}5$	Factor de putere $\cos\varphi$	Factor de încărcare pentru $K_0' = 0{,}6$	Factor de putere $\cos\varphi'$
1	Construcții de mașini grele	0,35	0,63	0,3	0,58
2	Construcții de aparate	0,26	0,52	0,22	0,47
3	Construcții de mașini unelte	0,18	0,40	0,16	0,36
4	Uzine de rulmenți	0,34	0,62	0,29	0,57
5	Uzine electrotehnice	0,32	0,60	0,28	0,55
6	Uzine constructoare de utilaj C.F.	0,22	0,47	0,19	0,42
7	Uzine de reparații auto	0,31	0,59	0,26	0,53
8	Uzine de reparații vagoane	0,22	0,47	0,19	0,42
9	Diverse uzine constructoare de mașini	0,29	0,57	0,25	0,51
10	Diverse uzine prelucrătoare	0,29	0,57	0,25	0,51
11	Fabrici pentru prelucrarea lemnului	0,27	0,54	0,23	0,49
12	Uzine chimice	0,39	0,67	0,34	0,62
13	Fabrici de încălțăminte	0,60	0,78	0,52	0,75
14	Fabrici textile	0,70	0,81	0,60	0,78
15	Fabrici de cofetărie	0,46	0,72	0,40	0,67
16	Tipografii	0,39	0,67	0,34	0,62
17	Frigorifere	0,57	0,77	0,50	0,74
18	Fabrici de pâine	0,48	0,73	0,41	0,68

a) Dificultatea de a se adapta puterea nominală a motoarelor electrice la puterea nominală a mașinilor de lucru, datorită treptelor de putere standardizată ale motoarelor electrice.

Intr'adevăr, din cauza marei diversități a mașinilor de lucru, ele au puteri nominale foarte variate, care pot fi considerate că se eșalonează într'o gamă continuă, în timp ce motoarele electrice au puteri nominale într'o scară cu un număr restrâns de trepte.

In consecință, considerând că o anumită treaptă de putere a motoarelor este folosită pentru mașini de lucru având puteri cuprinse în tot intervalul dintre treapta de putere precedentă și treapta de putere considerată, rezultă chiar în cazul când mașinile de lucru ar funcționa la plină sarcină, că puterea medie cerută motoarelor ar corespunde cu media puterilor dintre cele două trepte.

In conformitate cu standardul de puteri pentru motoare asincrone până la 100 kW (STAS 881—1949), treptele de puteri nominale standardizate dela 1 . . .100 kW sunt cele indicate în tabela de mai jos, (3) și în consecință, valorile puterii medii la care ar funcționa aceste motoare și valorile factorului de încărcare corespunzătoare în cazul când mașinile de lucru ar funcționa la plină sarcină, sunt indicate în aceeași tabelă.

Din examinarea acestei tabele se poate constata că, din cauza treptelor scării de putere a motoarelor asincrone, rezultă că factorul de

încărcare al acestor motoare, în ipoteza funcționării la plină sarcină a mașinilor de lucru are o valoare medie de circa 85%.

Tabela 3

Puteri nominale standardizate kW	Puterea medie de funcționare	Factor de încărcare
1	—	—
1,7	1,35	0,79
2,8	2,25	0,80
4,5	3,67	0,81
7	5,75	0,83
10	8,10	0,85
14	12	0,86
20	17	0,85
28	24	0,86
40	34	0,85
56	48	0,86
75	65,5	0,87
100	87,5	0,87

b) Regimul real de încărcare a mașinilor de lucru se îndepărtează însă mult de regimul lor nominal. Aceste mașini funcționează în mod normal cu un regim mai ușor decât regimul pentru care a fost dimensionată puterea lor nominală, care este utilizată în plin numai în cazuri foarte rare.

Această reducere a factorului de încărcare este foarte importantă în special în cazul mașinilor unelte și al mașinilor de lucru prin așchiere, utilizate în industria metalurgică prelucrătoare. Intr'adevăr din examinarea valorilor factorului de încărcare al motoarelor indicate în tabela 2, se constată că valorile cele mai reduse se întâlnesc în industria de metalurgie prelucrătoare și de prelucrarea lemnului dela poziția 1 la poziția 11 pentru care valoarea factorului de încărcare mediu este de circa 0,28 . . .0,24 la care corespunde un factor de putere 0,55 . . .0,5.

Dacă se ține seama de valoarea factorului de încărcare datorit treptelor de puteri de 0,85, rezultă că valoarea medie a sarcinii mașinilor de lucru este de 0,33 . . .0,28.

Dimpotrivă, în cazul industriilor chimice și a celorlalte industrii privind produse de larg consum dela punctul 12 . . .18, valoarea medie a factorului de încărcare este mult mai ridicată (0,515 . . .0,445) atingând pentru fabricile de textile 0,7 . . .0,6, astfel încât și valoarea factorului de putere este mai mare (0,75 . . .0,7 și respectiv 0,81 . . .0,78). Această reducere a factorului de încărcare în cazul mașinilor unelte și a industriilor metalurgice prelucrătoare, se explică foarte ușor prin aceea că puterea absorbită variază în limite foarte largi, după grosimea de prelucrare și după duritatea materialului care este prelucrat.

Acționarea de ansamblu a unui număr mai mare de mașini de lucru de către un singur motor de putere mai mare, prin intermediul transmisiilor cu curea, făcea posibilă suprapunerea sarcinilor diferitelor mașini și obținerea unei sarcini totale mai uniforme, care corespundea mai bine cu puterea motorului.

Prin trecerea la acționarea mașinilor de lucru prin motoare individuale de mică putere, reducerea factorului de încărcare și scăderea factorului de putere în întreprinderile industriale a fost accentuată. Această reducere a factorului de încărcare are efecte defavorabile nu numai asupra factorului de putere, dar și asupra randamentului motoarelor.

In consecință, există un interes deosebit pentru a se mări factorul de încărcare al motoarelor asincrone din diferite industrii.

III. Mărirea factorului de încărcare a motoarelor prin înlocuirea unor motoare de puteri mai mari cu altele de puteri mai mici

Pentru a se realiza o mărire a factorului de încărcare, una din soluțiile cele mai simple o constitue înlocuirea motoarelor care au puteri prea mari în raport cu sarcina reală a mașinilor de lucru prin alte motoare de puteri mai mici.

Această măsură care este principial foarte interesantă întâmpină mari dificultăți în practică, deoarece este foarte greu de a se stabili în mod precis, în condițiile de exploatare foarte variate, care este puterea necesară în funcționarea unei mașini de lucru.

Din acest punct de vedere trebue menționat că în domeniul industriei metalurgice prelucrătoare, unele dintre mașinile unelte sunt furnizate cu motoare de diferite puteri, după cererea clientului. In cazul când s'a adoptat o putere prea mare, există desavantajul că motorul funcționează în sarcină redusă. In cazul când s'ar trece la o putere mai mică, există riscul de a se ajunge la supraîncărcarea motorului și la scurtarea duratei lui de viață.

Pe de altă parte prin micșorarea puterii motoarelor, pe lângă îmbunătățirea factorului de putere, se produce în general o micșorare a randamentului motoarelor, datorită majorării pierderilor. Din acest punct de vedere deși în Uniunea Sovietică problema a fost studiată în mod aprofundat, părerile asupra avantajului înlocuirii motoarelor mari prin motoare mai mici sunt încă împărțite.

In lucrarea lui L. V. Litvac, se studiază, pe bază de exemple practice, avantajele înlocuirii motoarelor de puteri mai mari cu altele de puteri mai mici, atât din punct de vedere al factorului de putere, cât și din punct de vedere al variației randamentului, fără a se ajunge la o concluzie valabilă în toate cazurile.

In studiul acestei probleme se face următoarea recomandare :

„Trebue avut în vedere că problema surplusului de putere se poate pune numai dacă motorul conține o rezervă de putere considerabilă nejustificată, adică numai atunci când mărirea sarcinii utile nu este posibilă fie deloc, fie pentru un timp îndelungat".

In general din punct de vedere practic, înlocuirea unui motor de putere mai mare printr'un motor de putere mai mică nu este avantajoasă decât atunci când reducerea de pierderi în

rețea datorită scăderii puterii reactive absorbită de motor, este mai importantă decât creșterea pierderilor în motor rezultând din micșorarea puterii motorului.

Reducerea pierderilor în rețea datorită scăderii puterii reactive absorbită de motor nu depinde însă numai de valoarea acestei puteri reactive, ci și de o serie de alți factori care caracterizează rețeaua și în special de modul în care este produsă și transportată puterea reactivă precum și de valoarea factorului de putere al rețelei în punctul considerat, determinat de ceilalți receptori. Toate aceste elemente sunt caracterizate așa cum se va arăta într'un articol viitor, prin așa numitul „echivalent economic al puterii reactive în punctul considerat". In consecință, rezultă că, pentru a se stabili eficacitatea înlocuirii unui motor de putere mai mare cu unul de putere mai mică este necesar :

— să se determine diferența ΔQ dintre puterile reactive absorbite înainte și după înclocuire.

— să se determine diferența ΔP_m dintre pierderile de putere reală produse în motoare înainte și după înlocuire. :

— să se determine pentru punctul considerat din rețea echivalentul economic al puterii reactive K ;

— să se verifice dacă este satisfăcătoare condiția de rentabilitate, adică dacă raportul :

$$K = \frac{\Delta Q}{\Delta P_m}$$

este mai mare decât unitatea.

Pentru a avea o siguranță mărită în ceeace privește avantajul înlocuirii motoarelor, este preferabil ca înlocuirea să se facă atunci când raportul menționat este mai mare decât 1,2.

In consecință, această măsură nu trebue să fie aplicată decât cu multă prudență, dela caz la caz, de către un organ care să cunoască bine problema, atât din punct de vedere mecanic cât și electric.

Ca o măsură generală de ordin tehnico-organizatoric, pentru a înlesni operația de stabilire a motoarelor care funcționează cu încărcare redusă, se recomandă întocmirea unei statistici cât mai complete a tuturor mașinilor unelte pe tipuri precise, cu indicarea puterii motorului folosit în fiecare caz.

Prin centralizarea datelor și compararea puterii motoarelor la diferite mașini de același tip, se poate stabili care este motorul de putere minimă necesară, și care sunt mașinile echipate cu motoare supradimensionate.

Printr'o verificare ulterioară la fața locului a condițiilor de lucru ale mașinilor defectate pe această cale, se poate ajunge la determinarea motoarelor care ar putea fi înlocuite cu altele de putere mai mică.

O altă măsură practică ar fi ridicarea graficului factorului de putere medie al diferitelor întreprinderi industriale, măsurat zilnic sau săptămânal, pe baza citirilor de contor de putere reală și reactivă. Prin comparație între întreprinderi similare, se poate deduce care sunt întreprinderile la care se pune problema îmbunătățirii factorului de putere natural al motoarelor.

Pentru perioadele la care nu intervin variații mai accentuate ale factorului de putere, se pot stabili mașinile care, prin funcționarea lor în sarcină redusă, au determinat scăderea factorului de putere.

IV. Utilizarea de limitatori de mers în gol

In funcționarea mașinilor unelte, durata perioadei dintre operațiile în care mașinile unelte sunt oprite prin manevrarea manetei ambreiajului din cutia de viteze, iar electromotorul continuă să funcționeze în gol, poate ajunge la valori mari, de ordinul 35 . . .65% din durata totală de funcționare a acestor mașini.

Ținându-se seama că puterea reactivă de mers în gol a motoarelor asincrone joacă un rol important în valoarea puterii reactive consumate de întreprinderile industriale, s'a considerat interesant de a se folosi limitatori automați pentru oprirea motoarelor în perioada dintre operații.

Acest lucru se realizează în mod automat cu ajutorul unui releu acționat de dispozitivul de debreiere din cutia de viteze care comandă manevrarea întrerupătorului (contactorului) principal al motorului.

Pe această cale, se evită pe de o parte pierderile de putere reală corespunzătoare regimului de mers în gol al motorului, iar pe de altă parte se înlătură consumul de putere reactivă care la mers în gol reprezintă circa 70 . . . . . .80% din puterea reactivă de funcționare la sarcina nominală. In ceeace privește pierderile de putere reală, trebue observat că economia realizată rezultă din diferența între energia care ar fi consmuată în perioadele de mers în gol și energia consumată la pornirea din nou a motorului. In cazul când opririle motorului, prin acționarea limitatorului de mers în gol, corespunzând regimului de funcționare a mașinii unelte, ar avea o durată prea scurtă, atunci economia obținută prin oprirea motorului, ar putea fi anulată prin valoarea majorată a pierderilor în momentul pornirii.

Pe baza calculelor publicate în lucrarea lui L. V. Litvac, verificate pe baza experienței din exploatările industriale, rezultă că în principiu, dacă timpul de mers în gol are o durată mai mare de 10 secunde folosirea limitatorilor de mers în gol conduce totdeauna la o economie din punct de vedere al pierderilor de energie reală.

In ceeace privește consumul de putere reactivă, economia realizată rezultă deasemenea din diferența între energia reactivă, care ar fi consumată în perioada de mers în gol și energia reactivă consumată la pornirea din nou a motorului.

Tot pe baza calculului publicat în lucrarea menționată, rezultă că, pentru o durată de mers în gol mai mare de 4 secunde, utilizarea limitatorilor de mers în gol, conduce la o economie de energie reactivă și în consecință la o îmbunătățire a factorului de putere mediu al motorului.

In Uniunea Sovietică această metodă a fost aplicată într'o mare măsură pe baza „Instrucțiunilor pentru limitatorii de mers în gol", editate în 1944 și rezultatele obținute au fost în cele mai multe cazuri foarte avantajoase.

Din constatările făcute, rezultă că la unele din mașinile la care au fost folosite, s'a putut obține o reducere a consumului de putere reală de circa 25% și o reducere a consumului de putere reactivă de circa 50%.

Utilizarea limitatorilor de mers în gol este însă legată de o serie de probleme de ordin tehnic, privind construcția acestor dispozitive și în special privind influența pe care o are introducerea la motoare asincrone a unui regim de conectare și deconectare, (pornire și oprire) având o frecvență mult mai ridicată.

Se poate considera că toate aceste probleme sunt principial rezolvate din punct de vedere practic, însă trebue luate măsuri pentruca atât funcționarea limitatorului de mers în gol, cât și aparatajul de comandă existent, să fie perfecte, deoarece producerea unor întreruperi în funcționare, care să scoată din serviciu mașinile unelte respective pentru o anumită perioadă, poate conduce la pierderi mai importante decât economia de energie reală și reactivă, care poate fi realizată prin limitatori de mers în gol, In consecință, trebue pe deoparte organizată fabricația în serie a unor tipuri de limitatori de mers în gol de bună calitate, trebue urmărită adaptarea aparatajului de comandă a mașinilor unelte la noile condiții de frecvență ridicate de conectare și deconectare, și trebue întocmit un studiu cât mai complet al regimului de funcționare a diferitelor tipuri de mașini unelte, în vederea stabilirii cazurilor la care aplicarea acestui sistem prezintă avantajele cele mai importante.

Utilizarea limitatorilor de mers în gol a fost aplicată și în țara noastră la o parte a mașinilor unelte ale întreprinderilor Electroaparataj și Dinamo, depinzând de Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice; s'au folosit limitatori de mers în gol proiectați și construiți în aceste întreprinderi. Rezultatele obținute în aceste întreprinderi ar putea fi folosite în vederea generalizării acestei metode la întreaga industrie metalurgică prelucrătoare.

V. Imbunătățirea factorului de putere prin reducerea fluxului în motoare în regim de sarcină redusă

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Valoarea tensiunii aplicate bobinajului motoarelor asincrone are o influență foarte mare asupra valorii puterii reactive absorbite de aceste motoare și în consecință asupra valorii factorului de putere.

Intr'adevăr, dacă se face abstracție de căderile de tensiune, se poate considera că tensiunea aplicată este echilibrată de forța electromotoare produsă prin funcționarea motorului. Cum viteza motorului asincron este aproximativ constantă, valoarea fluxului rezultat în stator, se poate considera proporțională cu valoarea forței electromotoare și implicit cu valoarea tensiunii aplicate, în ipoteza că numărul de spire în serie rămâne neschimbat.

In consecință, orice variație a tensiunii aplicate conduce la o variație corespunzătoare a fluxului în motor și în mod implicit, a curentului magnetizant și deci a puterii reactive absorbită de motor. Această variație de putere reactivă este mai importantă în regim de sarcină redusă, deoarece în acest caz, puterea reactivă corespunzătoare dispersiunii devine neglijabilă și în consecință puterea reactivă absorbită este datorită numai puterii magnetizante corespunzând fluxului principal.

In figura alăturată (fig. 2) sunt trasate — după L. V. Litvac — curbe de variație ale factorului de putere în procente din valoarea fac-

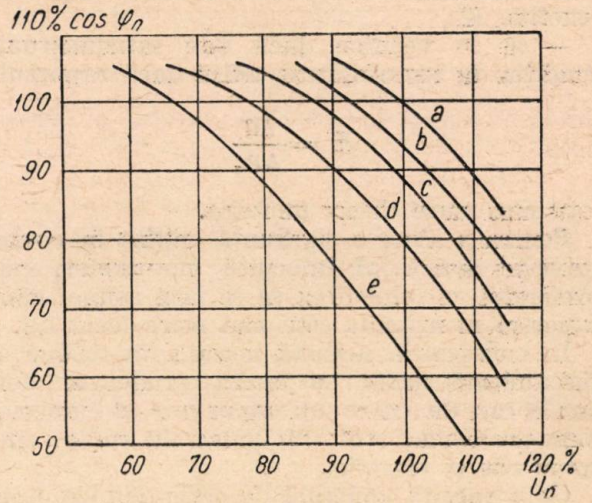


Fig. 2

torului de putere nominal, al motorului, în funcție de tensiunea aplicată, pentru diferite valori ale factorului de încărcare al motorului.

a = factor de încărcare 100%,
b = factor de încărcare 80%,
c = factor de încărcare 65%,
d = factor de încărcare 40%,
e = factor de încărcare 25%.

Din aceste curbe, se poate constata că, în cazul când intervine o variație de tensiune dela 100%...80% pentru un factor de încărcare de 65%, valoarea factorului de putere variază dela 0,9 cos φ_n la 1,5 cos φ_n adică 16,7% în timp ce pentru un factor de încărcare de 25% valoarea factorului de putere variază dela 0,65 cos φ_n la 0,90 cos φ_n adică 43%.

In concluzie ,reducerea tensiunii conduce totdeauna la o scădere a curentului magnetizant şi deci la o îmbunătăţire a factorului de putere.

Scăderea fluxului, care rezultă din reducerea tensiunii antrenează însă o scădere a cuplului produs de motor, cuplu care este proporţional cu pătratul acestui flux.

In consecinţă pentru un motor proiectat pentru o anumită putere nominală şi respectiv pentru un anumit cuplu, nu se poate aplica ceastă metodă, decât în cazul când el funcţionează în exploatare cu un cuplu mult mai redus decât cuplul nominal.

Pentru motoarele utilizate în anumite domenii industriale, în care regimul de funcţionare a maşinilor de lucru cuprinde perioade îndelungate de funcţionare în sarcină redusă, se poate utiliza în mod avantajos acest principiu reducând fluxul printr'unul din următoarele procedee :

a) Schimbarea tensiunii aplicate pe fază, prin trecerea dela montajul în triunghiu la montajul în stea.

b) Variaţia tensiunii aplicate pe spire, realizată prin schimbarea conexiunilor bobinajului statoric, executat din mai multe secţiuni pentru a mări numărul de spire în serie.

2. SCHIMBAREA CONEXIUNILOR DIN TRIUNGHIU IN STEA

Schimbarea conexiunilor bobinajului statoric din triunghiu în stea la motoarele care funcţionează în mod normal cu montajul în triunghiu constitue procedeul cel mai simplu pentru realizarea reducerii fluxului în stator.

Prin această schimbare de conexiuni, tensiunea aplicată fiecărei faze a bobinajului se micşorează în raportul $1/\sqrt{3}$, iar cuplul se micşorează în raportul 1/3.

Din această cauză, posibilitatea de utilizare a acestui mijloc de îmbunătăţire a factorului de putere depinde de două condiţii :

a) O condiţie de pornire şi anume ca valoarea cuplului cerut de maşina de lucru în momentul pornirii să nu depăşească cuplul de pornire al motorului redus din cauza tensiunii aplicate.

Pentru maşinile unelte, precum şi pentru alte maşini de lucru care pornesc în gol, cuplul de pornire al motoarelor în scurt circuit, care, la tensiunea normală, are o valoare de 0,9 . . .2 ori cuplul nominal, este în mod normal suficient, chiar la valoarea redusă la 1/3 prin montajul în stea. Dacă însă, pentru motoarele care pornesc sub sarcină, condiţia de pornire nu poate fi respectată, trecerea la montajul în stea se poate face cu ajutorul unui comutator, care permite pornirea motorului cu montajul în triunghiu şi apoi, după atingerea vitezei normale, trecerea la montajul în stea.

b) O condiţie de stabilitate şi anume, cuplul maxim cerut de funcţionarea maşinii de lucru să nu depăşească cuplul maxim al motorului sub tensiune redusă.

In cazul când cuplul maxim cerut în funcţionare de maşina de lucru depăşeşte valoarea cuplului maxim al motorului, motorul se desprinde şi maşina se opreşte.

Pentru motoarele de construcţie normală având 1000 . . . 3000 rot/min, raportul între cuplul maxim de desprindere şi cuplul nominal este egal cu 2, astfel încât valoarea cuplului de desprindere în montajul în stea este de circa 0,66 din cuplul nominal.

Pentruca funcţionarea motorului să fie stabilă, este necesar ca să existe un coeficient de rezervă de circa 1,5, astfel încât numai în cazul maşinilor unelte, la care cuplul maxim cerut nu depăşeşte valoarea de 44% din cuplul nominal al motorului, se poate realiza o funcţionare permanentă cu montajul motorului în stea. In caz contrar, motorul poate fi prevăzut cu un comutator special, — stea-triunghiu — care să poată fi folosit oridecâte ori motorul funcţionează într'un regim mai greu, în care ar exista riscul de a se desprinde.

Imbunătăţirea factorului de putere care poate fi realizată prin această metodă pentru motoarele de construcţie normală, poate fi calculată cu suficientă aproximaţie cu ajutorul relaţiei de mai jos dedusă din lucrarea citată :

$$K_\varphi = (-2{,}66\,\beta_m + 3{,}7)\,(1{,}35 - \cos\varphi_n)$$

în care K_φ este raportul între valoarea factorului de putere la montajul în stea şi la montajul în triunghiu ;

$\cos\varphi_n$ este valoarea factorului de putere nominal.

β_m este factorul de încărcare al motorului (raportul dintre sarcina efectivă şi puterea nominală).

Cu cât valoarea factorului de putere nominală şi a factorului de încărcare β_m sunt mai reduse cu atât raportul K_φ de îmbunătăţire a factorului de putere este mai mare, adică avantajul trecerii dela montajul în triunghiu la montajul în stea este mai mare. Pentru condiţia de cuplu redus, impus de tensiunea redusă prin folosirea montajului în stea, valoarea factorului K_φ este întotdeauna mai mare la montajul în stea decât la montajul în triunghiu adică se poate realiza întotdeauna o creştere a factorului de putere prin acest mijloc.

Dacă motorul funcţionează în sarcină redusă, prin schimbarea montajului odată cu îmbunătăţirea factorului de putere se realizează şi o îmbunătăţire a randamentului datorită reducerii pierderilor în fier.

Raportul între valoarea randamentului la montajul în stea şi la montajul în triunghiu poate fi calculat cu ajutorul curbei din figura 3 în funcţie de valoarea factorului de încărcare al motorului.

In concluzie, rezultă că schimbarea montajului din triunghiu în stea este totdeauna avantajoasă, în cazul funcţionării în sarcină redusă atât din punct de vedere al factorului de putere, cât şi din punct de vedere al randamentului, atunci când condiţiile de cuplu permit această schimbare de montaj. Pe de altă parte schim-

barea montajului se poate face în modul cel mai simplu, folosind un motor cu comutator, stea-triunghiu cu care multe din motoare sunt deja echipate, în vederea reducerii curentului

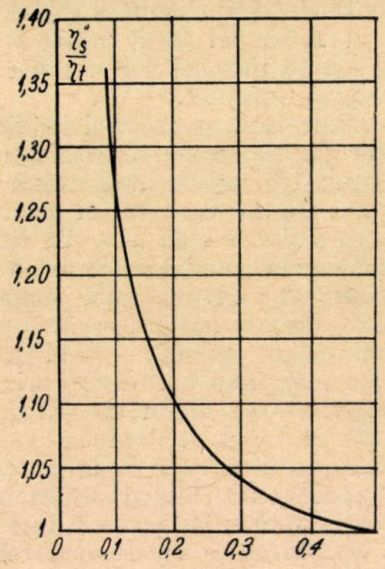


Fig. 3

de pornire. Această metodă este însă posibilă numai pentru motoarele construite a funcționa în condiții normale în montaj în triunghiu, trecând la pornire prin montajul în stea.

Pentru motoarele cu construcția normală peste 220...380 V, care funcționează cu montajul în stea la 380 V, cu montajul în triunghiu, la 220 V, folosirea acestei metode este posibilă numai în cazul racordărilor la rețelele de 220 sau 208 V.

3. SCHIMBAREA NUMARULUI DE SPIRE IN SERIE

Reducerea fluxului în stator poate fi realizată și prin variația numărului de spire montate în serie, menținând tensiunea aplicată la borne neschimbată. Acest lucru se poate realiza executând bobinajul fiecărei faze din mai multe bobine, care să formeze un montaj serie – paralel.

Prin schimbarea conexiunilor mărind numărul de bobine montate în serie într'o grupă și micșorând în mod corespunzător numărul de grupe în derivație, se poate obține o reducere a fluxului și deci a curentului magnetizant. Acest sistem poate fi completat și cu schimbarea montajului din stea în triunghiu, obținându-se astfel un număr mai mare de trepte de funcționare optimă a motorului, din punct de vedere al factorului de putere și al randamentului, în raport cu condițiile de încărcare ale motorului. Sistemul prezintă însă desavantajul unei complicații mari în execuția bobinajului și în construcția comutatorului astfel încât nu a fost folosit până acum decât în cazuri speciale.

VI. Verificarea bunei execuții a reparațiilor motoarelor. Considerații generale

Calitatea reparațiilor motoarelor electrice, joacă un rol foarte important atât în ceeace privește asigurarea continuității lucrului în industrie, cât și în ceeace privește valoarea puterii reactive absorbite și în consecință, valoarea factorului de putere. Din acest punct de vedere este interesant de a menționa constatările făcute în industriile textile din Moscova.

Cu ocazia unor încercări asupra motoarelor asincrone, întreprinse în anii 1945...1947 în industria textilă cu scopul de a îmbunătăți indicii de exploatare a mașinilor, s'a constatat că, din 846 motoare încercate, 596, adică 70%, consumă la mersul în gol o putere reactivă sensibil mai mare decât cea normală conform tabelei 4.

Tabela 4

Raportul între puterea reactivă măsurată și cea corespunzătoare la cos φ nominal	Motoare		
	număr	procente	
190...200%	38	4,5%	70,5%
170...190%	68	8,2%	
150...170%	224	26,5%	
110...150%	265	31,3%	
95...110%	250	29,5%	
Total . . .	846	100,0%	

Din această tabelă, se constată că aproape 40% din motoarele încercate au un consum de putere reactivă mărită în raportul 150... ...200%, față de puterea reactivă rezultând din factorul de putere nominală.

Această creștere excesivă a puterii reactive de mers în gol este datorită modificărilor care se produc cu ocazia reparației motoarelor, din două puncte de vedere :

a) modificarea datelor înfășurării și în special reducrea numărului de spire :

b) modificarea întrefierului.

1. INFLUENȚA MODIFICARII NUMARULUI DE SPIRE

In practica reparațiilor se întâmplă de cele mai multe ori că la rebobinarea unor motoare defectate, atelierele de reparații să nu dispună de conductori având o secțiune identică cu conductorii inițiali. Din această cauză, bobinajul reparat prezintă diferențe față de bobinajul inițial, având consecințe nefavorabile asupra funcționării motorului.

Dacă se întrebuințează o secțiune de conductori ceva mai mică, atunci se poate introduce în crestături acelaș număr de spire ca și la bobinajul inițial, dar rezistența ohmică a bobinajului este mărită și în consecință, pierderile sunt majorate și randamentul diminuat. Dacă, dimpotrivă se folosește pentru conductori o secțiune mai mare, valoarea rezistenței ohmice se reduce dar în schimb trebue micșorat numărul spirelor, pentru a putea să încapă în crestături.

Reducerea numărului de spire pentru aceeași tensiune aplicată conduce la o mărire a fluxului rezultând în stator și implicit la o creștere a curentului magnetizant, cu atât mai accentuată cu cât motorul funcționează în regim mai saturat. Din această cauză se produce atât

o scădere a factorului de putere, cât şi o creştere a curentului absorbit de motor care antrenează o mărire a pierderilor ohmice.

Pentru aceste motive, în rebobinarea motoarelor asincrone trebue să se evite în modul cel mai strict, reducerea numărului de spire din stator.

In cazul când este imposibil de a se procura conductori de bobinaj având o secţiune egală cu cea iniţială, este preferabil de a se adopta chiar o secţiune ceva mai mică, pentru a se putea realiza numărul de spire iniţial.

2. INFLUENŢA MODIFICARII INTREFIERULUI

Intrefierul motoarelor asincrone joacă un rol foarte important, în valoarea factorului de putere, deoarece 70 . . .80% din curentul magnetizant absorbit de motor corespunde reluctanţei întrefierului.

Cum, pe de altă parte, circa 70% din puterea reactivă din reţelele electrice este absorbită de motoarele asincrone, rezultă că peste 50% din puterea reactivă consumată de reţele, este datorită întrefierului motoarelor asincrone.

In consecinţă, orice modificare adusă întrefierului acestor motoare poate să aibă urmări foarte grave asupra factorului de putere.

Modificările care pot interveni în valoarea întrefierului pot să aibă mai multe cauze :

a) Mărirea întrefierului prin prelucrarea suprafeţei rotorului executată cu ocazia reparaţiei, în scopul uniformizării întrefierului alterat prin deformarea pachetului de tole.

b) Producerea unei asimetrii în întrefier, provocată de uzura neuniformă a cuzineţilor.

Datorită acestei excentricităţi constructive, mărită prin asimetria care rezultă în forţele electromagnetice, în partea în care întrefierul se micşorează, valoarea fluxului şi a inducţiei magnetice creşte într'o proporţie redusă, din cauza saturaţiei, în timp ce, în partea opusă, în care întrefierul se măreşte, valoarea fluxului scade într'o proporţie mult mai mare. Aceasta conduce, în ansamblu, la o mărire a reluctanţei circuitului magnetic şi la o mărire a curentului magnetizant, ceeace determină reducerea factorului de putere şi a randamentului.

c) Deplasarea în sens axial a pachetului de tole al rotorului în raport cu statorul, datorită acţiunii loviturilor de ciocan aplicate la scoaterea şaibelor, sau a rulmenţilor. Această desaxare, ducând pe deoparte la mărirea coeficientului de scăpări şi pe de altă parte la micşorarea secţiunii utile de flux şi deci la mărirea reluctanţei circuitului magnetic şi a curentului magnetizant, determină o scădere şi mai accentuată a factorului de putere.

3. VERIFICAREA REPARAŢIILOR MOTOARELOR ASINCRONE

Pentru a se verifica dacă reparaţiile motoarelor asincrone s'au făcut în bune condiţii, atât din punct de vedere al execuţiei bobinajului cât şi din punct de vedere al întrefierului este absolut necesar ca motoarele reparate să fie supuse unei încercări de bună funcţionare.

Această încercare are la bază măsurarea curenţilor de mers în gol pe cele trei faze la tensiune nominală, cu scopul de a se constata :

a) dacă curentul magnetizant nu depăşeşte cu mult valoarea normală corespunzătoare puterii şi tipului de construcţie :

b) dacă bobinajul este simetric.

Datele obţinute prin aceste măsurători asupra motoarelor din diferite întreprinderi ar trebui centralizate şi clasificate pe tipuri de motoare, pentruca, prin comparaţia motoarelor de acelaş tip, să se poată trage concluzii asupra motoarelor reparate greşit şi eventual să se poată stabili caracteristicile reale ale bobinajului.

Pentru motoarele de diferite fabricaţii străine ale căror caracteristice iniţiale nu sunt cunoscute, ele trebue reconstituite, deoarece, prin diferite reparaţii succesive făcute între timp, caracteristicile bobinajului şi întrefierului au putut fi modificate în mod esenţial.

Această verificare asupra condiţiilor în care s'au efectuat reparaţiilor motoarelor ar trebui făcută atât după terminarea reparaţiei pentru motoarele care urmează a fi reparate în viitor cât şi în exploatare pentru motoarele în funcţiune care au fost reparate dar nu au fost verificate.

VII. Inlăturarea creşterilor de tensiune în reţea

In practica exploatărilor electrice se constată că se produc adeseori creşteri ale puterii reactive absorbite, şi în consecinţă scăderi ale factorului de putere datorită creşterilor tensiunii de alimentare peste valoarea nominală.

Aceste creşteri de tensiuni sunt determinate de nevoia de a se adopta la staţiile de transformatori o tensiune mai ridicată, pentru a compensa căderile de tensiune în lungul reţelei de distribuţie. In acest caz, pentru motoarele plasate în vecinătatea staţiilor de transformatori la care valoarea căderii de tensiune este neglijabilă, sau pentru motoarele mai îndepărtate, care funcţionează în anumite ore când sarcina reţelei este redusă, tensiunea de alimentare este mai mare decât tensiunea nominală şi în consecinţă puterea reactivă este majorată.

Intr'adevăr la o creştere de tensiune corespunde o creştere a fluxului principal şi în consecinţă o creştere şi mai mare a curentului magnetizant şi respectiv a puterii respective absorbite. Această creştere de putere reactivă este mai importantă în cazul funcţionării în regim de sarcină redusă, deoarece puterea reactivă corespunzătoare dispersiunii este neglijabilă şi deci puterea reactivă absorbită este datorită numai puterii magnetizante, corespunzând fluxului principal.

Este necesară o dimensionare judicioasă a reţelelor de distribuţie, pentru a se evita cât mai mult compensarea căderilor de tensiune prin mărirea excesivă a tensiunii la staţiile de transformatori.

VIII. **Utilizarea optimă a capacității de compensare a motoarelor sincrone racordate la rețea.**

In rețelele de distribuție electrică există numeroase întreprinderi care utilizează motoare sincrone încărcate cu sarcini active variind între 50...100% din puterea nominală și funcționând la un factor de putere apropiat de unitate, la care valoarea puterii aparente absorbite este minimă. In toate aceste cazuri, capacitatea de încărcare a acestor motoare, nu este complet utilizată, existând o rezervă importantă de putere reactivă care poate fi folosită făcând ca motorul să funcționeze la valoarea nominală a curentului de excitație și respectiv a puterii aparente independent de valoarea sarcinii active.

Funcționarea motorului sincron în aceste condiții antrenează o majorare a pierderilor atât în bobinajul statoric cât și în bobinajul de excitație, astfel încât motorul absoarbe dela rețea o putere activă cu foarte puțin mai mare. Deaceea, unele întreprinderi evită funcționarea motoarelor sincrone în aceste condiții pentru a nu ajunge la o majorare a energiei consumate.

Dat fiind interesul care există de a se obține îmbunătățirea factorului de putere al rețelelor de distribuție, fără a se face investiții în instalații speciale de îmbunătățirea factorului de putere folosind cât mai bine instalațiile existente, se recomandă de a se studia măsurile care trebue aplicate pentru a se obține funcționarea acestor motoare în regim de supraexcitare.

IX. **INLOCUIREA MOTOARELOR ASINCRONE PRIN MOTOARE SINCRONE**

Față de inconvenientele pe care le prezintă motoarele asincrone din punct de vedere al factorului de putere se recomandă ca în anumite cazuri speciale ele să fie înlocuite prin motoare sincrone prevăzute cu dispozitive de pornire asincronă.

Motoarele sincrone cu pornire asincronă prezintă însă importante desavantaje:

a) Un cuplu de pornire foarte redus astfel încât nu pot fi utilizate decât în cazul mașinilor de lucru care pornesc în gol cum sunt pompele centrifugale și ventilatoarele. Trebue observat însă că cea mai mare parte din aceste mașini, funcționează în mod normal la o sarcină constantă apropiată de cea normală pentru care valoarea factorului de putere este suficient de ridicată chiar în cazul motoarelor asincrone, astfel încât înlocuirea lor cu motoare sincrone nu prezintă un avantaj important.

b) Un randament ceva mai redus decât al motoarelor asincrone în special a celor în colivie.

c) O instalație mai complicată și un cost mai ridicat în special în comparație cu motoarele asincrone în colivie, datorită dispozitivelor suplimentare de pornire asincronă și în special datorită sursei de curent continuu, pentru excitație.

Din cauza acestor complicații de instalație, nici nu se recomandă utilizarea motoarelor sincrone în cazul mașinilor care necesită motoare de puteri mici sau în cazul când fac corp comun cu mașina de lucru cum este cazul celor mai multe din mașinile unelte. Pentruca înlocuirea motoarelor asincrone prin motoare sincrone să devină avantajoasă este necesar ca să fie cât mai mult pusă în valoare calitatea lor principală de îmbunătățire a factorului de putere, făcându-le să funcționeze în regim supraexcitat pentru a produce energia reactivă necesară acelorlalți receptori din rețea.

Pentruca soluția înlocuirii motoarelor asincrone prin motoare sincrone să dea rezultate favorabile trebue ca pe cale de măsuri tehnico-organizatorice să se realizeze următoarele condiții:

a) Să se pună în fabricație un număr de tipuri de motoare sincrone cu pornire asincronă de putere mijlocie care să poată găsi un domeniu mai vast de utilizare în practica industrială.

b) Să se stabilească care sunt cazurile de instalații noi în care aceste motoare sincrone ar trebui să fie preferate față de motoarele asincrone și care ar fi cazurile în care ar fi avantajos de înlocuit cu motoare sincrone, motoarele asincrone existente dând acestora o altă destinație.

c) Să se introducă un sistem tarifar care să frâneze consumul de energie reactivă a motoarelor asincrone, și să încurajeze eventuala furnizare de energie reactivă în rețea de către motoarele sincrone.

★

ТЕХНИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Р е з ю м е

В настоящей статье указываются случаи когда натуральный коэфициент мощности асинхронных двигателей может быть улучшен посредством технико-организационных мер, рассматривая наиболее выгодные из них, а именно: Повышение коэфициента загрузки двигателей посредством замены двигателей слишком большой мощности двигателями меньшей мощности; уменьшение времени холостого хода посредством ограничителей холостого хода; коммутация соединений с треугольника на звезду при малых нагрузках; изменение числа сериесных витков в обмотке статора секционированием; проверка качественного исполнения ремонта с точки зрения обмоток и воздушного зазора; устранение повышения напряжения сети; оптимальное использование компенсирующей мощности синхронных двигателей присоединенных к сети; замена асинхронных двигателей синхронными.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
   În mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
   Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
   Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
   Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
   Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
    Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
    Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — LEI 96 anual

„ *pentru muncitori, tehnicieni, ingineri* — LEI 30 „

EDITURA ENERGETICA DE STAT

Publică lunar:

ANUL I — Nr. 5 REVISTA „ENERGETICA" MAI, 1953

E 2039/a

KAT

Országos Műszaki Könyvtár BUDAPEST

Institutul de Documentare Tehnică BUCUREȘTI
OFERTĂ - CERERE
VYMĚNA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

REFERÁLVA

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

861

6

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijir
unui Comitet de Redacț

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNI

Anul I ★ Iunie 1953 ★ Nr. 6 Redacția: București, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07
3.57

SUMARUL

Pag.

HIDROENERGETICA

D. Pavel, prof. dr. ing.: Importanța energetică a lacurilor de acumulare 1

ELECTROENERGETICA

C. Penescu, conf. ing.: Dispozitive de telemăsură aplicate la instalațiile de telecomunicații prin curenți purtători pe linii de transport de energie 6

T. Laszlo, ing.: Determinarea prin calcul a puterii absorbite de o întreprindere industrială 25

TERMOENERGETICA

G. Rosemberg, conf. ing.: Dimensionarea conductelor de condensat la instalațiuni de încălzire cu abur de înaltă presiune 29

DIN EXPERIENȚA U.R.S.S

M. Stein, ing.: Metodele sovietice de protecția generatorilor 33

Ștefan Feodor: Exploatarea întreruptorilor pneumatici de înaltă tensiune 41

DIN VIAȚA ASIT

Adunarea generală a cercului ASIT al MEEIE . . 45

NOTE — RECENZII 47

СОДЕРЖАНИЕ

Ст

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Проф. др. инж. *Дорин Павел*: Энергетическое значение водохранилищ . . . . . .

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Конф. инж. *Корнел И. Пенеску*: Телеизмерительные приспособления для установок высокочастотной связи по линиям электропередачи . .

Инж. *Т. Ласло*: Рассчетное определение потребляемой мощности промышленным предприятием 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Конф. инж. *Г. Розенберг*: Рассчет конденсатопроводов отопительных паровых установок высокого давления 2

ИЗ ОПЫТА СССР

Инж. *Манфред Штайн*: Советские методы защиты генераторов 3

Штефан Федор: Эксплоатация высоковольтрых пневматических выключателей 4

ИЗ ЖИЗНИ А.С.И.Т.

Общее собрание кружка А.С.И.Т. МЭЭИЭ 4

ЗАМЕТКИ-РЕЦЕНЗИИ 4

IMPORTANȚA ENERGETICĂ A LACURILOR DE ACUMULARE

Prof. dr. ing DORIN PAVEL
Laureat al Premiului de Stat

Se arată rolul multiplu al lacurilor acumulatoare, cu diferite grade de folosință, corespunzând energiei de vârf necesare sistemelor energetice. Retențiile mici zilnice, săptămânale, sezoniere, rezultă ca foarte economice, spre deosebire de cele supraanuale. Acumulările trebue concentrate, unde este posibil, la capul amonte al schemei hidroenergetice, iar în aval de ultima uzină trebue realizată retenția de redresare a fluctuației debitelor, pentru a satisface alte folosințe hidrotehnice din aval. Se precizează importanța uzinelor de vârf, de bază și celor fluviale, în faza mai avansată a electrificării.

1) Rolul multiplu al acumulărilor

Lacurile de acumulare, create prin baraje pe râuri și fluvii servesc mai multor scopuri, în legătură cu diferitele folosințe ale apei. Lacurile servesc ca :

— Regulatori ai regimului debitelor, care în stare naturală variază neregulat cu timpul și locul, pe când debitele consumate de diferite folosințe variază cu timpul, după alte legi ;

Amortizori ai undelor de inundație, prin reținerea unui volum de puhoae, în volumul dat de lama de apă suplimentară peste stavile și deversori ;

— Reținere parțială a depozitelor solide, cari colmatează într'un timp mai îndelungat lacurile, în schimb se stabilizează și se protejează împotriva colmatării văile din aval ;

Distrugători de energie, care la amenajări în cascadă elimină torenții și distrugerile de terenuri cultivabile ;

— Surse de energie, prin amenajarea de uzini hidroelectrice ;

— Acumulatori energetici, care prin uzinele din aval dau energie electrică de vârf, foarte prețioasă, sau dau debite massate în epocile de irigație și de navigație.

Prin planuri de amenajare integrală a cursurilor de ape, se atribue roluri multiple acumulărilor din lacuri artificiale sau lacurilor naturale cu nivel pulsator.

2) Diferite grade de retenție

La amenajări hidroenergetice, volumul util V_u al lacurilor trebue să satisfacă anumite „retenții", cari sunt volume necesare compensării debitelor consumate Q_c cu acelea disponibile natural Q_d date de $V_u = \int_0^T (Q_d - Q_c)\, dt$

După durata T pe care se extinde studiul compensației cerințelor de consum energetic, față de disponibil, se disting mai multe grade de retenție :

— Retenția zilnic orară, la care disponibilul Q_d = constant pe o zi, se distribue cu Q_c variabil, cu vârfurile de dimineață și seară, cu consumul de bază ziua și consumul minim de noapte. După felul curbei $Q_c = f(t)$, rezultă practic retenția necesară
$V_{uz} = \sigma_z\ 86\,400 Q_m = (12\,000 \ldots 21\,000) Q_m = k_z Q_m$
cu debitul mediu Q_m (m³/s) ;

— Retenția săptămânală, care compensează variațiile lui Q_c și Q_d pe 7 zile, fiind $V_{us} = (80\,000 \ldots 100\,000)\ Q_m$;

— Retenția anuală cu $V_a = (7 \ldots 10)\ 10^6\ Q_m$;

— Retenția supraanuală, care compensează anii ploioși, medii și secetoși, prin $V_{sa} = k_{sa}\ Q_m$ în care coeficientul k_{sa} depinde de regimul cursului de apă și de numărul n ani, pe cari se face compensația. La regimul mijlociu al apelor noastre, este $k_{sa} = (12 \ldots 15)\ 10^6$ la $n = 10$; $k_{30} = (20 \ldots 30)\ 10^6$ la $n = 30$ și $k_{100} = (50 \ldots 60)\ 10^6$ la $n = 100$ ani.

Coeficientul de acumulare $\alpha = \frac{V_u}{TQ_m} = \frac{1}{TQ_m} \int_0^T (Q_d - Q_c)\, dt$ se calculează și se aplică la diferitele retenții, așa cum se arată, de ex. în „Hidroenergetica generală" [2], iar între coeficienți legătura este $k = \alpha T$.

3) Energia corespunzătoare retențiilor

Unui metru cub de apă, reținut în lacul urmat de una sau mai multe căderi (H) amenajate în cascadă, îi corespunde debitul $Q = 1/3600$ m³/s, deci energia unitară acumulată va fi

$$e_a = 9{,}81 \frac{1}{3600} H\eta = 0{,}00273\ H\eta (\text{kWh/m}^3)$$

Dacă variația nivelului în lac este neglijabil de mică față de ansamblul căderilor (H), energia hidroelectrică acumulată în lac va fi, la retenția $V = k\ Q_m$ (una din cele arătate sub 2).

$E_a = Ve = 0{,}00273\ \alpha T Q_m H\eta$ kWh la o golire. Randamentul se înțelege cel global $\eta = \eta_h \eta_t \eta_e$ (cu η_h hidraulic, η_t al turbinelor și η_g al generatorilor, care se calculează exact la proectare, iar la primele studii se estimează) ; la uzini cu derivații $\eta = 0{,}72 \ldots 0{,}81$ — la uzine tip baraj $\eta = 0{,}81 \ldots 0{,}88$, fiind $\eta_h \simeq 1$.

În cazul când variația nivelului în lac, față de căderea totală nu mai poate fi neglijată, se introduce în locul lui H valoarea H_c socotită dela centrul de greutate al lacului până la nivelul în canalul de fugă al ultimei uzini în cascadă, iar în locul randamentului η se introduce randamentul mediu η_m și $k = \alpha T$

$$E_a = 0{,}00273\ k\ Q_m\ H_c\ \eta_m \text{ (kWh/golire)}$$

Când variația nivelului în lac este foarte mare în raport cu căderea, așa cum se arată în fig. 1, se calculează energia corespunzătoare unei goliri, până în axa prizei de apă, din integrala

$$E_a = 0{,}00273\ k \int_0^{V_u} z\eta dV$$

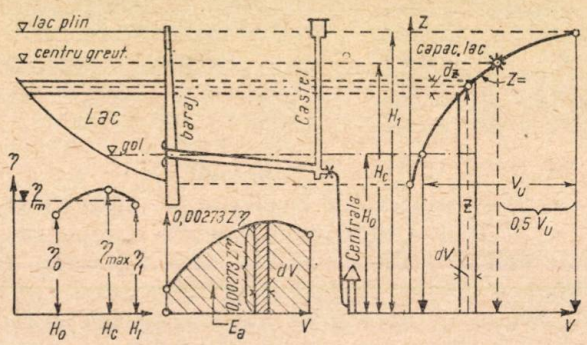


Fig. 1. Schema pentru calculul energiei de vârf.

Integrala se rezolvă din construcția grafică, știind că $z = f(V)$ este funcție de volumul instantaneu în lac V, apoi $\eta = F(V)$, dat de curba de garanție a lui η în funcție de volum. Limitele lui z sunt $z = H_0$ la $V = O$, lacul golit până la priză, și $z = H_1$ la $V = V_u$ (lac plin).

4) Gradul de folosință a rețențiilor

Lacurile cu gradele de rețenție, arătate precedent, nu au folosințe egale.

Lacurile mici zilnic-orare își golesc volumul V_{uz} integral numai iarna, când se produc vârfurile maxime de consum; în celelalte anotimpuri se golesc numai parțial. Din 365 zile pe an, suma golirilor reprezintă $N_z\ V_{uz}$, fiind obișnuit $N_z = 220 \ldots 250$, așa că gradul de folosință este $\varphi = \frac{N_z V_{uz}}{T_a Q_m} = (220 \ldots 250)\ \frac{k_z}{T_a}$, adică se raportează volumul multiplelor goliri $N_z V_{uz}$, la stocul anual $T_a\ Q_m$ (volumul total scurs într'un an, cu $T_a = 31\,557\,600$ s; Q_m = modulul anului mijlociu). Cu valorile lui k_z și T_a se obțin limitele extreme $\varphi_z = 0{,}0837 \ldots 0{,}166$.

Lacurile săptămânale au teoretic 52 goliri pe an, practic numai $N_s = 35 \ldots 40$, așa că gradul de folosință este

$$\varphi_s = \frac{N_s V_{us}}{T_a Q_m} = 0{,}0887 \ldots 0{,}127.$$

Lacurile sezoniere se golesc integral de $N' = 35$ ori pe an, deci $\varphi' = \frac{N' V'_u}{T_a Q_m} = 0{,}133 \ldots 0{,}222$.

Lacurile anuale nu se golesc integral în anul normal, ci de $N_a = 0{,}7 \ldots 0{,}9$ ori pe an, așa că rezultă

$$\varphi_a = \frac{N_a V_a}{T_a Q_m} = 0{,}155 \ldots 0{,}285$$

Lacurile supraanuale au grade de folosință, după numărul anilor compensați, de ex. la $n = 10$ ani rezultă $N_{sa} = 0{,}5 \ldots 0{,}6$, deci $\varphi_{sa} = 0{,}190 \ldots 0{,}285$.

La $n = 30$ ani, $N_{30} = 0{,}4 \ldots 0{,}5$, rezultă $\varphi_{30} = 0{,}254 \ldots 0{,}475$ și la $n = 100$ ani, $N_{100} = 0{,}25 \ldots 0{,}3$ este $\varphi_{100} = 0{,}396 \ldots 0{,}57$.

Deși cifrele φ sunt crescătoare cu mărimea rețenției (durata T), nu trebue trasă concluzia că lacurile mari au o folosință mai complectă ca lacurile mici, deoarece φ era raportat în toate cazurile la același stoc anual de apă $T_a\ Q_m$. Pentru o comparație mai justă, trebue raportată fiecare acumulare la stocul pe durata rețenției T diferit de T_a, introducând gradul de folosință relativ Φ.

La rețenția zilnică este $\Phi_z = \frac{N_z V_{uz}}{T_z Q} = N_z \frac{k_z}{T_z} = 30{,}56 \ldots 60{,}76$ deoarece $V_{uz} = k_z\ Q_m = (12\,000 \ldots 21\,000)\ Q_m$ și $T_z = 86\,400$ s/zi.

Analog va fi la rețenția săptămânală, cu $T_s = 604\,800$ s/săpt. gradul Φ_s :

$$\Phi_s = \frac{35}{604\,800}\ (80\,000 \ldots 100\,000) = 4{,}63 \ldots\ 6{,}71.$$

La cea sezonieră cu $T' = T_a/4 = 7\,889\,500$, și $N' = 3{,}5$, $k' = (1{,}2 \ldots 2)\ 10^6$ va fi $\Phi' = 0{,}532 \ldots 0{,}877$.

La rețenția anuală fiind $T = T_a$ este și $\Phi_a = \varphi_a = 0{,}155 \ldots 0{,}285$, iar la cele supraanuale: la $n = 10$ ani, $T_{sa} = 10\ T_a$, $\Phi_{sa} = \varphi_{sa}/10 = 0{,}019 \ldots\ 0{,}0285$; la $n = 30$, $\Phi_{30} = \varphi_{30}/30 = 0{,}00846 \ldots 0{,}0158$; la $n = 100$, $\Phi_{100} = \varphi_{100}/100 = 0{,}00396 \ldots\ 0{,}0057$.

Se constată că folosința relativă Φ scade mult, cu cât crește perioada de compensație T, în special Φ_{sa} scade excepțional la rețenții supraanuale, care din punct de vedere energetic sunt neeconomice; în schimb ele se justifică în anumite cazuri, când folosința dominantă este irigația, la cari pierderea unei recolte din lipsa de debite este importantă.

5) Amplasarea optimă a acumulărilor

Se pune problema: unde se amplasează cel mai rațional acumulările, care au ca folosință principală hidroenergetica. In condiții topografice și geologice similare, la o amenajare cu mai multe trepte, trebue preferată soluția cu lacul principal la capul amonte al schemei din fig. 2-a. Soluțiile cu lacul la mijlocul (fig. 2-b), sau la partea aval a schemei (fig. 2-c), sunt desavantajoase energetic. Numeric se poate ilustra

situația la schemele din fig. 2 cu datele: $H_1=400$, $H_2=200$, $H=150$, $H_4=80$ m, cu lacul anual de $V_a=8\cdot10^6\cdot Q_m=40$ mil m^3, la modulul $Q_m = 5$ m^3/s, având la centrul de greutate căderea $H_{1c} = H_1 - 20 = 380$ m. La $N_a=0{,}8$ goliri în anul mijlociu, peste debitul natural se adaugă $N_a\ V_a = 32$ mil m^3/an producând energia de vârf $E_v = 0{,}00273\ N_a\ V_a\ (H_{1c}\eta_1 + H_2\eta_2 + H_3\eta_3 + H_4\eta_4) = 53{,}07$ mil kWh/an la $\eta_1=\eta_2=\eta_3=\eta_4=0{,}75$. (fig. 2-a).

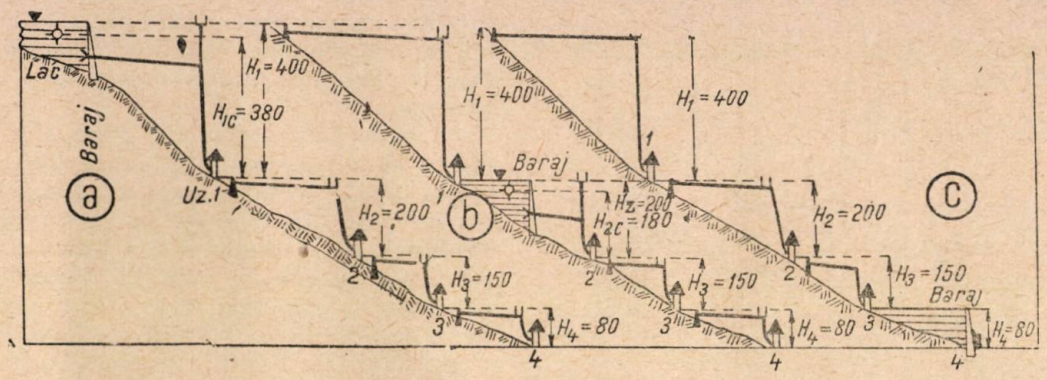


Fig. 2. Amplasarea economică a lacurilor acumulatoare

In al doilea caz (fig. 2-b), cu lacul de aceiași capacitate, plasat la uzina 2, rezultă cu $H_{2c} = H_2 - 20 = 180$ m, energia de vârf, $E'_v = 0{,}00273\cdot32\cdot10^6\,(180+150+80)\,0{,}75 = 26{,}86$ mil kWh/an, iar la lacul aval (fig. 2-c), cu $H_{3c} = H_4 - 20 = 60$ m, scade energia de vârf la $E''_v = 3{,}93$ mil kWh/an. Din comparația energiilor de vârf se recunosc avantajele pe care le prezintă soluția din fig. 2-a, fără a pretinde investiții mai mari ca celelalte soluții. In cazul mai general cu lacuri de diferite mărimi, rezultă ca schemă optimă, aceea care realizează acumulări cu $\sum (HV)$ maxime, la investițiile cele mai mici.

6) Necesitatea compensării din aval

Debitele Q_c părăsesc ultima centrală (4, în fig. 2), cu regimul zilnic-orar arătat în fig. 3-a, cu vârfuri mai pronunțate iarna (1) și mai aplatizate vara (2), așa că alte folosințe din aval: irigații, navigația interioară, alimentările cu apă industrială, suferă de pe urma acestor debite pulsatorii. Pentru a compensa $Q_c = f(t)$, la Q_0 constant, cu condiția egalității volumelor zilnice

$$\int_0^{86400} Q_c dt = 86\,400\ Q_0,$$

se construește în fig. 3—b curba integrală, a cărei tangente paralele la dreapta Q_0 t, dau retenția necesară, de mărimea $R = (12\,000 \ldots 21\,000)\ Q_0$.

Orice schemă hidroenergetică va trebui să realizeze, undeva în aval de ultima centrală, o asemenea acumulare, care în unele cazuri importante poate fi și o retenție sezonieră. Acest ultim baraj nu mai poate fi folosit energetic în condiții satisfăcătoare pentru pulsația consumului, dar poate produce o putere constantă, care sporește baza curbei de consum.

7) Comparația uzinelor hidroelectrice de vârf și de bază

Uzinele hidroelectrice de vârf, fiind construite cu baraje și retenții, au superioritatea energetică de a putea acoperi curba de putere din rețea, fără uzini de rezervă. Energia de vârf E_v produsă de golirea retențiilor, este disponibilă „la robinet", adică poate fi oricând introdusă în rețea, în cele câteva minute necesare pornirii grupurilor suplimentare și punerii lor în paralel, în rețea.

Uzinele de bază, neavând retenții, au desavantajul energetic al nepermanenței puterii disponibile P_d, care nu coincide cu P_c cerută de rețea (fig. 4). Suprafețele hașurate cu $P_d < P_c$, reprezintă deficitul de putere $P_c - P_d$ care trebue acoperit de una sau mai multe

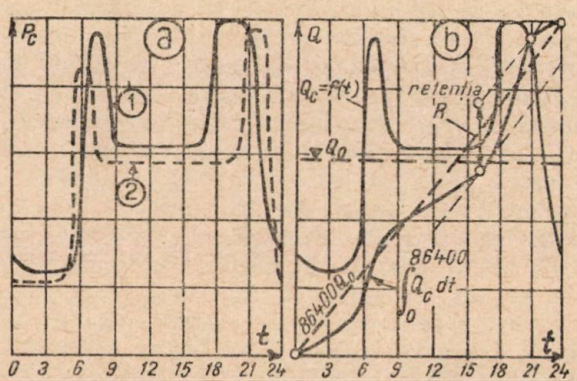


Fig. 3. Curba de consum și calculul retenției.

centrale termoelectrice sau hidroelectrice de vârf din regiuni învecinate. Uzinele de bază, privite în parte, au avantajul economic al prețului energiei lei kWh minim. In realitate însă investiția suplimentară în centrale de rezervă, echipate cu $(0{,}6 \ldots 0{,}7)\ P_l$ face să dispară acest avantaj economic.

Totuși uzinele de bază sunt foarte economice, dacă se realizează pe râuri cari în partea amonte

au uzini cu retenții importante, de ex. cazul fig. 2-a, fiindcă uzinele de bază Nr. 2, 3, 4, pot debita puteri de vârf, datorită trecerii prin ele a debitului suplimentar dat de golirea lacului

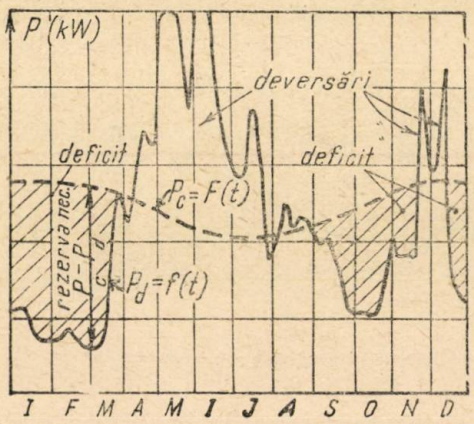


Fig. 4. Slaba autonomie energetică a uzinelor de bază.

uzinei 1, în epocile de vârf. Intre ele însă nu este un sincronism perfect, datorită decalajului de timp necesar scurgerii dela 1 la 2, 3 și 4. Un asemenea sistem cu uzine de bază în cascadă, precedate în amonte de una sau mai multe uzine de vârf, este energetic autonom, fiindcă produce puteri corespunzătoare consumului P_c.

Dacă în primele faze ale electrificării, se construesc cu precădere uzini hidroelectrice de vârf, cu retenții, așa cum este uzina „V. I. Lenin", în fazele următoare se vor desvolta un mare număr de uzine de bază în cascadă, în aval cu cele de acumulări. Ultimele micșorează prețul de cost al energiei.

Uzinele fluviale au fost considerate în genere ca uzine de bază, însă cum ele se realizează prin uzine tip baraj, pe fluvii cu pante foarte mici, dar cu debite și puteri foarte mari, se creează lacuri uriașe de multe miliarde m³, a căror pulsare numai cu câțiva decimetri, dau puteri de vârf maxime în orice anotimp și la orice oră, chiar când debitul natural este minim. Această transformare a uzinelor fluviale în exploatări cu mari vârfuri, este de cea mai mare importanță, fiindcă ele creează prin 2—3 uzini, energii de vârf de miliarde kWh; ele preiau instantaneu cele mai mari puteri ale marilor centrale termoelectrice, cari declanșează, sau care trebue să treacă în rezervă (v. Revista „Energetica" No. 1-2/1953 pag. 7.)

8. Autonomia hidroenergetică, funcție de gradul de retenție

Se poate defini autonomia energetică, proprietatea uzinelor de vârf de a putea acoperi, fără alte rezerve, forma curbelor de consum, spre deosebire de uzinele de bază, construite izolat, lipsite de autonomie hidroenergetică.

Uzinele cu retenție zilnică, au autonomie limitată la acoperirea formei vârfurilor de dimineață și seara, nu pot însă produce puteri care acoperă variația consumului în decursul săptămânilor și anotimpurilor. Uzinele cu retenție anuală sunt perfect autonome energetic în anii normali sau în ani ploioși, dar nu sunt autonome complet în anii secetoși; dimpotrivă cele cu retenție supraanuală sunt pe deplin autonome.

In consecință, crescând gradul de retenție, crește și autonomia hidroenergetică, însă totodată crește prețul de cost al energiei, datorită investițiilor suplimentare în baraje importante. Problema este complexă din punctul de vedere tehnico-economic și poate fi rezolvată numai dela caz la caz, mai ales acolo unde predomină producția energetică pe baza centralelor termoelectrice. Din aceste considerații se poate trage concluzia, că nu trebue să se realizeze exagerat de multe uzine hidroelectrice de vârf, cu autonomie energetică mare, deoarece cen tralele termoelectrice complectează perfect de bine deficitele de putere ale uzinelor de bază.

9. Planificarea realizării hidroelectrificării

La înfăptuirea primei etape a Planului general de Electrificare vor funcționa în paralel centrale termoelectrice cari reprezintă rotund 67% din producția totală de energie și uzinele hidroelectrice cu 33% cari sunt aproape integral autonome hidroenergetic.

In următoarele faze ale electrificării, trebue pus pe deoparte accent pe realizarea de numeroase uzini hidroelectrice de bază, dintre care majoritatea se vor construi în cascadă pe râuri unde au intrat anterior în funcție uzinele de vârf, pe de altă parte trebue realizate câteva uzini fluviale de puteri foarte mari.

In această fază, centralele termoelectrice își sporesc mult mai lent puterea și producția, ajungând după circa 15 ani la raportul de paritate a energiei hidroelectrice și termoelectrice. In acest fel prețul energiei va scade considerabil, știind că energia cea mai eftină o produc uzinele fluviale și cele de bază fără baraje importante, cari pot compensa ușor prețul mai ridicat al uzinelor hidroelectrice de vârf și al centralelor termoelectrice.

CONCLUZII

Din cele ce preced se desprind câteva concluzii mai importante:

— Lacurile acumulatoare au roluri multiple, în folosințele complexe ale apei: energetica, irigații, navigație interioară, alimentări cu apă industrială, potabilă, regularizarea regimului hidraulic a râurilor, atenuarea inundațiilor;

— Acumulările au diferite grade de retenție: zilnică, săptămânală, sezonieră, anuală și supraanuală;

— Energia de vârf rezultată din golirea lacurilor, urmate de o serie de uzini în cascadă, este importantă și disponibilă instantaneu, la robinet, fiind singura formă de înmagazinare energetică de mari proporții;

— Gradul de folosință energetică a retențiilor, diferă mult la diferitele tipuri de acumulare, retențiile zilnice și săptămânale fiind cele mai economice iar cele supraanuale, cu rare excepții, fiind neeconomice, cum arată calculele precedente;

— Lacurile acumulatoare trebue plasate pe cursul superior și afluenții superiori ai râurilor, pentru a folosi căderea cât mai mare a uzinelor în cascadă din aval;

— La capul aval al oricărei scheme hidroenergetice, este necesară o retenție zilnică sau săptămânală (numai excepțional sezonieră), pentru a redresa pulsația debitelor pe râu, imprimată de forma curbei de consum energetic și a da folosințelor hidrotehnice: irigații, navigație, alimentări cu apă, din aval, un debit cât mai constant, sau cu un regim $Q = f(t)$ impus de cerințele acestor folosințe;

— Uzinele hidroelectrice de vârf, au autonomie energetică cu atât mai mare, cu cât crește gradul retențiilor, cele de bază izolate au o autonomie redusă de 20—30%, în schimb cele de bază așezate în cascadă, în aval de uzinele cu acumulări mari, sunt aproape la fel autonome, prin funcționare aproape sincronă cu pulsația de putere cerută de consum;

— Uzinele fluviale trebue să fie concepute cu capacitatea de a debita mari vârfuri zilnice-săptămânale, chiar în epoci de secetă, prin pulsarea nivelului lacurilor fluviale de uriașe capacități;

— După prima fază a electrificării în care se pune accent puternic pe mari centrale termoelectrice și pe uzine hidroelectrice de vârf cu retenții importante, în următoarele faze se vor desvolta extraordinar uzine hidroelectrice de bază, eftine, în cascadă, aval de cele cu acumulări realizate în prima fază, ca și uzinele fluviale gigantice ca putere, cari datorită orelor de utilizare produc energia cea mai eftină.

Bibliografie

1. *A. A. Morozov*: Utilizarea energiei hidraulice, (traducere) Editura Tehnică, 1952.
2. *D. Pavel*: Hidroenergetica generală, Editura Tehnică, 1951
   — Importanța uzinelor fluviale, Rev. Energetica 1—2/1953
   — Importanța lacurilor de compensație zilincă. Rev. Hidrotehnica 4—5/1952;
   — Amenajări hidroenergetice predominate de folosințele irigației. Rev. Hidrotehnica 6/1952;
   — Aplicație hidrotehnică la uzinele fluviale, Hidrotehnica 8/1951.

★

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Резюме

Указывается многогранная роль, водохранилищ, с различной степенью использования, в соответствии с пиковой мощностью необходимой энергетическим системам. Малые сугочные, недельные, сезонные задержания представляются как очень экономичные, в отличие от сверьхгодичных. Там где возможно, накопление должно быть сосредоточенно в верхьнем бьефе гидроэнергетической схемы а ниже последней станции должно быть осуществлено уравнительное задержание флуктуации расходов, для удовлетворения иных гидротехнических нужд нижнего бьефа. Уточняется значение пиковых, основных и речных станций, на более развитом этапе электрификации.

DISPOZITIVE DE TELEMĂSURĂ APLICATE LA INSTALAȚIILE DE TELECOMUNICAȚII PRIN CURENȚI PURTĂTORI, PE LINII DE TRANSPORT DE ENERGIE*)

Conf. ing. CORNEL I. PENESCU

Se expune importanța economică, condițiile cerute de un sistem de telemăsură, se descriu sistemele de telemăsură și diferitele metode folosite. Se compară critic diferitele sisteme de telemăsură, în ce privește: preciziunea măsurării, durata de stabilire, modul de transmitere și siguranța în funcționare. Expunerea care a făcut obiectul unei comunicări la Institutul de Energetică al Academiei R. P. R., cuprinde o serie de concluzii privind folosirea diferitelor sisteme de telemăsură.

I. IMPORTANȚA ECONOMICĂ A TELEMĂSURII

Creșterea continuă a consumului de energie electrică, a numărului centralelor electrice și deci a puterii instalate și disponibile, cer o colaborare strânsă între diversele centre generatoare, precum și între acestea și stațiunile de interconexiune și transformare; de aci necesitatea unui sistem de măsurare și înregistrare la distanță.

Avantajele pe care le aduc măsurile la distanță se pot concretiza în câteva cazuri tipice:

Interconexiunea grupelor de centrale electrice ridică un mare număr de probleme, referitoare la schimbul sau transitul de energie, a căror soluție nu este posibilă decât supraveghind și controlând rețeaua dela un post de comandă central, situat într'un loc potrivit. Aceasta cere însă ca să existe o legătură de telemăsură între locul central și diversele centrale și stații distribuite în sistem.

La fel, debitul râurilor sau al lacurilor, ca și rezerva bazinelor de acumulare, joacă un prim rol în exploatarea curentă a centralelor hidroelectrice, în adaptarea sarcinii la producție și, mai ales, în previziunea posibilităților de producție. Consumul nu poate să fie dirijat decât dacă se dispune de indicațiuni statistice sigure, ca acelea pe care le furnizează o instalație de telemăsură a nivelului apei cu înregistrare la distanță.

In sfârșit, centralele termoelectrice sunt adeseori conectate în paralel cu centrale hidroelectrice, acestea din urmă fiind situate la distanțe mari. Sarcina este repartizată, între aceste diferite centrale, atât după categoria lor (bază, vârf sau rezervă), cât și după condițiunile lor particulare. Sincronizarea și adaptarea tensiunilor, două operațiuni indispensabile la punerea în paralel a astfel de centrale, sunt mult mai puțin dificile dacă, grație instalațiunilor de telemăsură, șeful exploatării cunoaște frecvența și tensiunea centralei partenere.

I'e de altă parte, o instalație de telemăsură asigură marelui consumator de energie electrică, observarea modului în care își respectă contractul (cota de putere contractată) utilizarea rațională a posiblităților de tarifare ca și repartiția favorabilă a sarcinii.

Din toate aceste exemple, se vede că posibilitatea de a se putea cunoaște, la distanță, mărimea dorită ușurează mult exploatarea sistemelor energetice, permite o exploatare mai rațională, reducând prin aceasta prețul de cost, prin utilizarea rațională a puterilor schimbate, precum și prin reducerea personalului de manevră, control și supraveghere.

II. GENERALITĂȚI ASUPRA TELEMĂSURII

Procedeele de telemăsură servesc pentru a transmite, la distanță, valorile corespunzând unei măsuri electrice, mecanice sau a unei mărimi fizice oarecare. La recepție, aceste valori trebue să poată să fie reproduse sau înregistrate cu o preciziune suficientă. Telemăsura este deci aplicată în toate cazurile în care nu este posibil, pentru un motiv sau altul, să se stabilească o legătură directă între organul de măsură și mecanismul indicator sau înregistrator.

Prin urmare nu se pot considera, ca instalațiuni de telemăsură propriu zise, acelea la care instrumentul de măsură este legat la un instrument obișnuit, indicator sau înregistrator, prin conductori mai mult sau mai puțin lungi, a căror rezistență sau impedanță a fost luată în considerare la etalonarea aparatelor respective.

Telemăsura este, din contră, caracterizată prin faptul că valoarea măsurată este transformată, pe loc, într'o mărime electrică (oarecare, prin ea însăși) care poate să fie transmisă, în mod corespunzător, până la locul de recepție.

Mijloacele întrebuințate și modul de transmitere sunt de importanță secundară; este necesar să se îndeplinească numai condițiunile cerute de exploatare. Este totuși normal că se va prefera întotdeauna o instalație care să necesite cât mai puține cheltueli de investiție și de întreținere, garantând totodată o siguranță maximă în aceleași condițiuni. Așa de pildă, se va prefera la distanțe mari sistemul de telemăsură prin curenți purtători de înaltă frecvență pe liniile de transport de energie, soluție mai ieftină decât legătura prin cablu.

III. CONDIȚIUNILE CERUTE DE UN SISTEM DE TELEMĂSURĂ

In scopul de a satisface exigențele practice, un sistem de telemăsură trebue să răspundă la condițiunile următoare:

1. Preciziunea măsurii

La recepție, exactitatea indicației sau a înregistrării unei anumite valori nu trebue să fie inferioară celei cerute unui aparat corespunzător, montat la locul unde se face măsura. Preciziunea instrumentelor de măsură se determină în funcție de eroarea pe care acestea o pot avea în funcționare, ceeace încadrează fiecare instrument într'o anumită clasă de preciziune.

La fel, la instalațiile de telemăsură, preciziunea sistemului în întregime trebue să se încadreze exact în clasa de preciziune dorită; ori, la un sistem de această natură unde, după cum s'a mai spus, intervine convertirea mărimii măsurate într'o mărime electrică care poate fi transmisă la distanță, cauzele de erori nu se mărginesc numai la aparatul propriu zis de măsură, ci la toate dispozitivele de convertire sau de transmisie. Pentru acest motiv este necesar ca preciziunea sistemului să fie făcută independentă de aceste organe.

Intervine astfel necesitatea ca un dispozitiv de telemăsură să fie „*compensat*" adică să se compenseze influențele liniei de transmisiune și a organelor de convertire respective.

In general, sistemele de telemăsură se încadrează în clasele de erori prevăzute în norme și în prescripțiuni,

2. Durata de stabilire

Se numește *durată de stabilire*, sau *viteză de reacție a sistemului*, timpul în care indicația aparatului receptor revine la valoarea aparatului transmițător.

De pildă (fig. 1) la timpul $t = t_0$ mărimea măsurată a suferit o variație bruscă; astfel:

$t < t_0$ $\quad \alpha = \alpha_0$

$t \geq t_0$ $\quad \alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha$

*) Comunicare făcută la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

Indicația aparatului receptor nu va urmări instantaneu această variație; astfel:

$t < t_0$ $\quad \beta = \alpha_0$

$t = t_0$ $\quad \beta = \alpha_0$

$t = t_0 + \Delta t$ $\quad \beta \cong \alpha_0 + \Delta\alpha$

Timpul Δt reprezintă durata de stabilire a sistemului. Este evident că durata de stabilire depinde de alura curbei

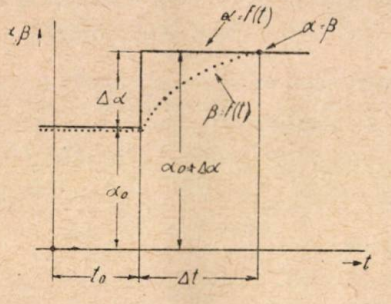


Fig. 1. Durata de stabilire a unui sistem de telemăsură.

de variație $\beta = f(t)$. Cum deobicei sistemele de măsură sunt amortizate critic sau supraamortizate, foarte rar subamortizate, timpul de stabilire se poate determina ușor.

Astfel:

$$\beta = \alpha_0 + \Delta\alpha \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}\right)$$

în care τ este constanta de timp a întregului dispozitiv de telemăsură. Dacă se consideră că, practic:

$$\beta \cong \alpha_0 + \Delta\alpha$$

atunci când

$$\beta = \alpha_0 + 0{,}99\ \Delta\alpha$$

va rezulta:

$$1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = 0{,}99$$

$$e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = 0{,}01$$

$$\frac{-\Delta t}{\tau} = \ln 0{,}01$$

$$-\Delta t = \tau \cdot \ln 0{,}01 = -4{,}6\tau$$

$$\boxed{\Delta t = 4{,}6\tau}$$

In general, însuși aparatul indicator are o anumită constantă de timp; astfel, la orice măsură este prezent un timp de urmărire. Deobicei, constanta de timp la aparatele indicatoare este $\tau \approx 0{,}04 \ldots 0{,}15$ s

ceeace determină:

$$\Delta t \cong 0{,}2 \ldots 0{,}7 \text{ s.}$$

La aparatele înregistratoare constanta de timp este mult mai mare:

$$\tau \cong 0{,}25 \ldots 0{,}5 \text{ s}$$

ceeace determină

$$\Delta t \cong 1 \ldots 2{,}5 \text{ s.}$$

Aparatele integratoare (contorii) au constanta de timp de același ordin de mărime; au însă avantajul că eroarea medie rămâne totuși nulă (fig. 2):

$$\beta' = \int_{t=t_0}^{t=t_0+\Delta t} \beta dt$$

$$\alpha' = \int_{t=t_0}^{t=t_0+\Delta t} \alpha dt$$

Considerând o perturbație:

$+\Delta\alpha$ la $t = t_0$

$-\Delta\alpha$ la $t = t_0 + t_1$

rezultă că:

$\beta' t_0 \rightarrow t_0 + t_1 + \Delta t_2 =$ aria $ACDF$

$\alpha' t_0 \rightarrow t_0 + t_1 + \Delta t_2 =$ aria $ABDEF$

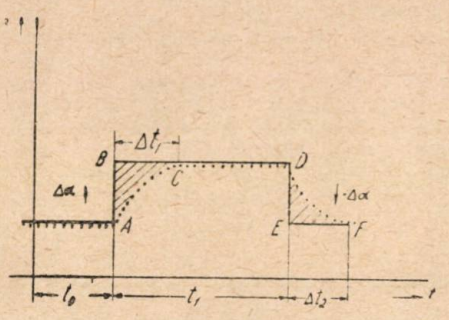


Fig. 2. Compensarea erorii datorită timpului de urmărire la aparatele integratoare.

Se vede că:

$$\beta' \approx \alpha'$$

deoarece:

aria $ABC \approx$ aria DEF.

3. **Modul de transmitere**

O condiție pe care un sistem de telemăsură trebue să o îndeplinească este aceea ca să folosească (să necesite) o linie de transmisiune cât mai simplă posibilă. Din acest punct de vedere, trebue să existe posibilitatea grefării unei instalații de telemăsură pe o instalație de telecomunicații prin curenți purtători pe liniile de transport de energie.

In concluzie, o instalație de telemăsură trebue să necesite o linie de transmisiune cât mai simplă, cu cât mai puțini conductori, putându-se la nevoe grefa pe instalațiuni de curenți purtători (eventual chiar radio).

4. **Gradul de siguranță**

In telemăsură, gradul de siguranță cerut de transmisiunea valorilor instantanee trebue să fie în general destul de ridicat. In adevăr, o defecțiune în aparatul de transmisiune sau de recepție poate să falsifice într'o proporție foarte mare rezultatul măsurării.

Aceste considerațiuni nu se pot trata, la o instalație de telemăsură, complect separat. Astfel, de pildă, este fals de a se cere o durată de stabilire prea scurtă la telemăsura nivelului de apă dintr'un bazin de acumulare, deoarece variațiunile de nivel sunt deosebit de lente. In schimb, în acest caz particular, exactitatea măsurii trebue să fie foarte mare, căci, dacă bazinul are o suprafață mare, o diferență de nivel de câteva zecimi de procente reprezintă o cantitate considerabilă de energie, a cărei valoare economică nu poate să fie neglijată. Atât din punct de vedere tehnic cât și din punct de vedere economic, este deci indicat — în acest caz — să se instaleze aparate de măsură de mare precizie, cu tot costul lor ridicat.

Un timp de stabilire scurt este dorit în telemăsura valorilor instantanee ale curenților, tensiunilor, ca și ale puterilor active sau reactive. Gradul de precizie al instrumentelor, precum și timpul de stabilire propriu al acestora trebue să rămână, pe cât posibil, neschimbat prin introducerea telemăsurii.

IV. SISTEMELE DE TELEMĂSURĂ

In sensul celor stabilite mai sus, se pot deosebi următoarele sisteme de telemăsură:

— sisteme de telemăsură cu compensație externă;

— sisteme de telemăsură autocompensate.

Prima grupă de sisteme o formează acelea care necesită, pentru a le da o preciziune suficientă, o compensație a erorilor ce pot surveni dintr'o modificare, în timp, a caracteristicilor organelor de convertire a mărimilor respective, precum și a

organelor de recepţie. Sistemele de telemăsură ce necesită compensaţie sunt acelea care, dacă nu ar avea această compensaţie, ar fi influenţate de schimbarea caracteristicilor electrice ale liniei de transmisiune ; din această categorie fac parte sistemele de telemăsură „de intensitate" caracterizate prin aceea că pe liniile de transmisiune circulă un curent electric, a cărui intensitate determină măsura respectivă. Se foloseşte, la această categorie de telemăsuri, curentul continuu.

Sistemul autocompensat este caracterizat prin aceea că schimbările caracteristicei liniei de transmisiune şi a aparatelor anexe sunt fără efect asupra mărimii transmise. In această categorie intră telemăsurile care folosesc curent alternativ sau pulsatoriu, telemăsura fiind caracterizată prin durata, numărul sau frecvenţa schimbărilor de sens al curentului ce au loc pe linie. Este evident că orice schimbare a caracteristicelor electrice ale liniei având efect numai asupra intensităţii curentului, este fără efect asupra telemăsurii.

Sistemul de telemăsură cu impulsiuni este caracterizat prin aceea că mărimea electrică ce caracterizează măsura este formată din impulsiuni de curent continuu.

Sistemul de telemăsură cu variaţie de frecvenţă este caracterizat prin aceea că mărimea electrică, transmisă la distanţă (direct sau prin modulaţia purtătoarei) este un curent alternativ a cărui frecvenţă variabilă determină procesul de telemăsură.

V. TELEMĂSURILE CE POT SURVENI IN INSTALAŢIILE ELECTROENERGETICE

In principiu, o instalaţie de telemăsură poate să transmită la distanţă orice mărime fizică. Totuşi, în domeniul electroenegetic, mărimile ce se pot, sau mai bine zis, ce sunt necesare să fie transmise la distanţă, sunt în număr restrâns ; ele sunt arătate în tabela 1.

Tabela 1

Telemăsuri în sisteme energetice

Telemăsura de valori instantanee	Indice	Telemăsura valorilor integrante (teleînregistrare)	Indice
Puteri active în W, kW, MW . . . . . Puterea pierderilor . . . . . Puterea pierderilor (P_{Cu}, P_{Fe})	1	Energii în kWh şi MWh	1
Puteri aparente în VA, kVA şi MVA	1	Energii aparente în kVAh şi MVAh	1
Puteri reactive în VAr, kVAr şi MVAr . . .	1	Energii reactive în kVArh, MVArh	1
Curenţi continui şi alternativi în A şi kA . .	1	Cantităţi de electricitate Ah, kAh şi MAh. Pierderi în Cu în A^2h, kA^2h	4
Tensiuni continue şi alternative în V şi kV .	2	Volţi ore în Vh şi kVh. Pierderi în gol în V^2h şi kV^2h	5
Factor de putere cosφ	2		
Nivele de ape sau de alte lichide . . . . . Presiuni şi vacuum	1,2		
Poziţia unghiulară a vanelor (inelare sau sferice).			
Număr de rotaţii în rot/min, debite de lichide, de gaze, de aburi în l/s, m^3/s ; viteze de scurgere.	1	Cantităţi de lichide, gaze sau aburi în m^3 . .	
Temperaturi	2		
Frecvenţe în Hz	2		

La sistemele de curenţi purtători de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie, nu se pot folosi telemăsurile de intensitate, deoarece acestea nu pot modula direct purtătoarea, ci ar necesita o convertire prealabilă. Aceasta ar complica foarte mult instalaţia introducând prin aceasta, greutăţi mari în ceeace priveşte aparatura de compensaţie şi ar mări inadmisibil eroarea.

Pentru aceste motive, în instalaţia de curenţi purtători de înaltă frecvenţă, pe liniile de transport de energie se folosesc, cu exclusivitate, sistemele de telemăsură autocompensate.

Sistemele de telemăsură autocompensate se pot diviza, la rândul lor, în două grupe mari, după felul mărimii electrice transmisă la distanţă şi care caracterizează măsura respectivă. Aceste două grupe sunt :

— Telemăsuri cu impulsiuni ;
— Telemăsuri cu variaţie de frecvenţă.

Semnificaţia indicilor respectivi este :

1. Mărimi care pot schimba de sens ; în acest caz, instrumentul receptor trebue să fie capabil să arate ambele sensuri, la contoare în special, să existe două aparate, câte unul pentru fiecare sens în parte.

2. Mărimi ce nu au decât un sens ; în acest caz instrumentul receptor este de tip simplu cu 0 al scalei la una din extremităţi.

3. Valoarea lui cos φ poate varia pentru φ cuprins între 0 şi 360° (cele patru cadrane).

4. Aparate înregistratoare (contorii) pentru A^2h sau kA^2h servesc pentru înregistrarea pierderilor în cupru ale transformatorilor, maşinilor sau liniilor.

5. Aparatele înregistratoare (contorii) pentru V^2h sau kV^2h servesc pentru a înregistra pierderile la mersul în gol (pierderile în fier) al transformatorilor şi al maşinilor, deoarece aceste pierderi sunt aproximativ proporţionale cu pătratul tensiunii.

VI. SISTEMUL DE TELEMĂSURĂ CU IMPULSIUNI

Este caracterizat prin aceea că pe linia de transmisiune se transmite un curent pulsatoriu, ce caracterizează telemăsura. In cazul particular al sistemelor cu curenţi purtători, impulsiunile modulează purtătoarea prin injectarea periodică a unei frecvenţe fixe de modulaţie. Aşadar, în acest din urmă caz, sistemul de telemăsură cu impulsiuni apare ca o bandă de modulaţie de frecvenţă fixă, întreruptă, într'un anumit sistem ce caracterizează telemăsura.

Se deosebesc trei moduri de telemăsură cu impulsiuni:

a) sistemul bazat pe *numărul impulsiunilor*;
b) sistemul bazat pe *frecvenţa impulsiunilor*;
c) sistemul bazat pe *durata impulsiunilor*.

a) *Sistemul de telemăsură bazat pe numărul impulsiunilor* este caracterizat prin aceea că fiind dată o mărime α care se doreşte a se transmite la distanţă, aparatul de emisiune al telemăsurii va converti mărimea α într'o serie de impulsiuni a căror număr N:

$$N = f(\alpha)$$

caracterizează telemăsura (fig. 3—*1*)

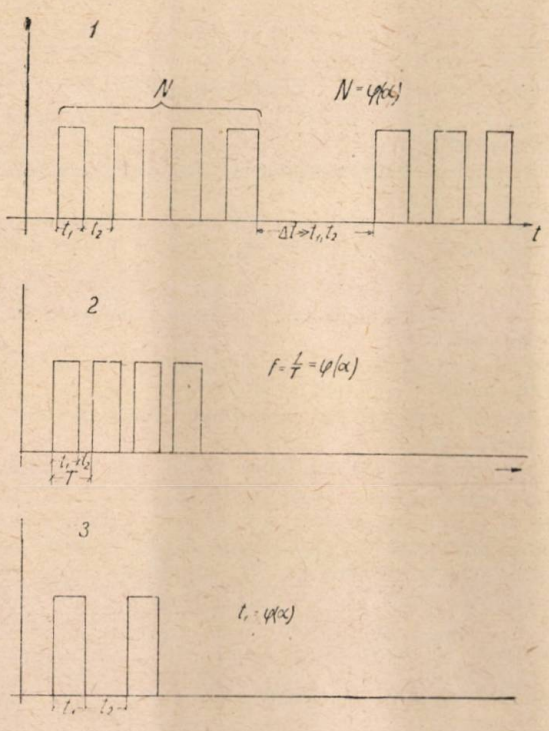


Fig. 3. Principalele tipuri de sisteme de telemăsură cu impulsiuni:
1. cu numărul impulsiunilor; *2*. cu frecvenţa impulsiunilor; *3*. cu durata impulsiunilor.

Această metodă nu poate fi, în principiu, utilizată decât pentru transmiterea mărimilor care cresc neîntrerupt, cum sunt aşa numitele mărimi integrante (de exemplu energia, cantitatea de electricitate etc.) realizate din:

$$\alpha = \int A\,dt$$

adică produsul unei mărimi A (variabile pozitive) cu timpul.

Sistemul se poate la rândul său divide în două categorii şi anume:

— toate impulsiunile transmise au aceeaşi valoare, reprezintă aceeaşi cantitate fracţionată a mărimii transmise;

— impulsiunile sunt transmise astfel ca, la recepţie, fiecare să aibă o altă însemnătate, după un cod special.

In primul caz sistemul se va numi: numeric de impulsiuni şi în cazul al doilea: numeric de impulsiuni cu cod (tabela 2).

1. **Sistemul numeric de impulsiuni**, cu valoare constantă: odată cu creşterea mărimii transmise, creşte şi numărul impulsiunilor. De exemplu, dacă la 100 kWh se tramsit 100 impulsiun., rezultă că valoarea fiecărei impulsiuni va fi:

$$\gamma = \frac{100}{100} = \frac{W}{N} = 1\ \frac{[\text{kWh}]}{[\text{impulsiune}]}$$

Deci la trecerea dela 100 kWh la 120 kWh se vor transmite încă 20 impulsiuni. La acest sistem, durata unei impulsiuni sau pauza între două impulsiuni nu joacă niciun rol, ci, după cum am spus, numai numărul absolut al impulsiunilor.

Emiţătorul este, de fapt, un contor care are montat pe axul său un comutator de acelaşi fel cu acela pe care îl vom vedea la sistemul bazat pe frecvenţa impulsiunilor. In adevăr, contorul va determina o serie de impulsiuni, a căror frecvenţă va fi cu atât mai mare cu cât viteza contorului este mai mare: frecvenţa este proporţională cu numărul de rotaţii ale axului.

La receptor se realizează un mecanism pas cu pas, adică un sistem de roată cu clichet, care la fiecare armare (sau desarmare) determină avansul indexului aparatului cu o cifră

Sistemul este foarte simplu, dar nu oferă o precizione suficientă deoarece pierderea unei impulsiuni înseamnă înregistrarea unei cantităţi mai puţin, corespunzătoare impulsiunii respective; această pierdere nu mai poate fi recuperată. Rezultă că prin cumularea unor astfel de erori, se poate ajunge la diferenţe apreciabile, care sunt cu atât mai importante cu cât asemenea aparate integratoare servesc la calcule economice.

Pentru acest motiv, nu se utilizează decât pentru indicaţiuni informative şi în orice caz, în complectarea unei instalaţii bazate pe frecvenţa impulsiunilor.

Sstemul bazat pe numărul impulsiunilor poate fi întrebuinţat şi la transmiterea mediei unor valori instantanee, medie luată într'un timp convenţional. De exemplu, în instalaţiile energetice unde interesează media puterii pe timp de 15′ este folosit contorul denumit „*maxigraf*". Aceasta se face determinând emiterea, la intervale de timp egale, a unor serii de impulsiuni. Fiecare din aceste serii de impulsiuni determină la recepţie deplasarea unui indicator înregistrând cantitatea respectivă; după trecerea intervalului de timp respectiv, indicatorul este reţinut în poziţia respectivă. Dacă cantitatea în intervalul următor este mai mare, atunci indicatorul va fi împins mai departe. Astfel, se transmite valoarea maximă a mediilor pe intervalul de timp respectiv (de unde şi numele contorului).

In fig. 4 este arătat un astfel de sistem mecanic (este vorba de receptor). Electromagnetul E este excitat în ritmul impulsiunilor determinând avansul roţii cu clichet D şi prin

Sistemele numerice de impulsiuni *Tabela 2*

Sistemul numeric de impulsiuni	0 5 (5 imp.)	15 20 (5 imp.)	25
Sistemul numeric de impulsiuni cu cod	123 (100 | 10 | 10 | 1. | 1. | 1.)	302 (100 | 100 | 100 | 1. | 1.)	134 (100 | 10 | 10 | 10 | 1. | 1. | 1.)

aceasta axul. La momentul oportun, ceasul sincron determină cuplarea roții R prin ambreiajul A și a electromagnetului F. In acest caz, roata determină avansul cremaierii C, care împinge indexul. După trecerea intervalului de timp corespunzător, ceasul sincron emite o impulsiune scurtă, care determină debreierea bruscă și reînceperea ciclului.

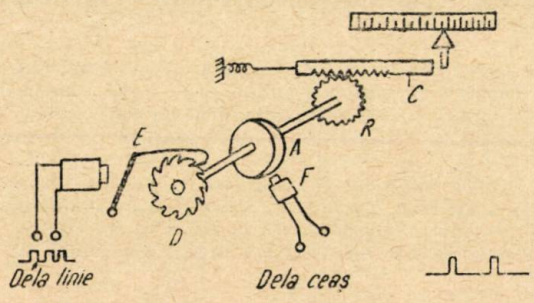


Fig. 4. Sistemul maxigrafului cu număr de impulsiuni; construcție mecanică.

In același mod, se poate realiza un dispozitiv electric cu ajutorul unui aparat cu cadrul încrucișat (logometru). Impulsiunile de pe linie excită un comutator pas cu pas (selector) care intercalează în circuitul aparatului rezistențe din ce în ce mai mici. După ce a trecut intervalul de timp respectiv, ceasul sincron determină un scurt impuls care aduce comutatorul în poziția inițială — totul reîncepând. Acul aparatului este reținut printr'un dispozitiv electromecanic, comandat tot de ceasul sincron, în poziția anterioară (fig. 5).

In acest fel, dacă mărimea transmisă este α în intervalul T, rezultă că indexul aparatului va arăta:

$$\beta = \alpha$$

la fiecare perioadă T.

Rezultă că $\beta' = \frac{\alpha}{T} = \text{const.}$ α deoarece T este constant.

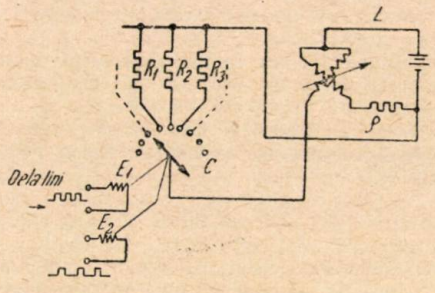


Fig. 5. Sistemul maxigrafului cu număr de impulsiuni: construcție electrică.

De exemplu: α este energie, adică:

$$\alpha = \int P\,dt$$

deci:

$$\beta' = \frac{1}{T}\int Pdt = P \text{ mediu în intervalul } T.$$

2. Sistemul numeric de impulsiuni cu cod se bazează pe faptul că fiecare impulsiune nu are aceeași valoare. In acest fel, se poate reduce foarte mult numărul impulsiunilor. Acest sistem, introdus, de fapt, odată cu noua tehnică a calculatorilor electrici și electronici, oferă o ușurare a sistemului clasic de număr de impulsiuni.

Codificarea impulsiunilor se face, deobicei, după metoda „numerelor duale". Prin numere duale se înțeleg acele numere care decurg din ridicarea cifrei 2 la o putere n:

$$N = 2^n \qquad n \geq 0$$

adică:

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 etc.

Din primele 6 numere, poate fi compus oricare număr în limitele 1—63; din primele 7 numere, oricare număr între 1—127 ș.a.m.d. De exemplu:

1, 2, 4, 8, 16, 32.

Rezultă:

1, 2, 1+2, 4, 4+1, 4+2, 4+1+2, 8, 8+1, 8+2, 8+1+2, 8+4, 8+4+1, 8+4+1+2, 16 etc.

In general, cu n numere „*duale*" se poate forma orice număr cuprins între:

$$1 \rightarrow (2^{n+1} - 1)$$

Exemplu: Numărul 50 este cuprins în 6 numere duale: $n = 5$.

Se poate forma orice număr între:

$$1 \rightarrow (2^6 - 1) = 64 - 1 = 63$$

Numărul respectiv rezultă din suma:

$$50 = 32 + 16 + 2.$$

Sistemul cu cod poate fi folosit în două moduri:

— emițând pentru fiecare număr dual o impulsiune de formă specială;

— emițând pentru toate numerele impulsuri egale, selecția făcându-se la recepție.

Primul sistem este mai complicat și nu se întrebuințează deoarece presupune aparatura de producere a impulsiunilor de formă specială.

Al doilea sistem este cel mai utilizat, aparatura de emisie rămasă neschimbată, numai cea de recepție căpătând o amplificare mai mare.

Trebue observat că folosirea numerelor duale la telemăsură cu impulsiuni și cod presupune:

— Mărimi care nu cresc încontinuu, adică transmiterea unor valorii medi;

— Ajungerea la mărimi finale să se facă întotdeauna începând dela 1 și trecând prin toată seria numerelor naturale.

Așa de pildă, se dorește a se transmite puterea medie pe intervalul de T'. Dacă considerăm că puterea medie maximă ce poate interveni este $P_{m\,.\,max}$, atunci energia W_T:

$$W_T = P_{m\,.\,max} \cdot T \qquad \text{(kW/s)}.$$

Dacă valoarea unei impulsiuni este $\gamma = \frac{(Ws)}{(\text{impuls})}$ rezultă că numărul maxim de impulsiuni va fi (în intervalul T)

$$N_{max\,T} = \frac{W_T}{\gamma} = \frac{P_{m\,.\,max}}{\gamma}\,T$$

Acest număr $N_{max\,.\,T}$ determină numerele duale corespunzătoare. In acest fel, sistemul cu numere duale se pretează foarte bine la aparatele de tip *maxigraf* descrise mai înainte și chiar la orice aparat de măsură indicator sau înregistrator (nu contori). Vom da în cele ce urmează schema principială și funcțională a unei astfel de instalațiuni de recepție.

Se folosește un aparat de măsură de tip logometric cu unul din cadre legat la rezistențe, al căror număr și val oare stau în raportul numerelor duale. De exemplu, în figura 6*a*:

$$R_1 = K \qquad R_3 = \frac{K}{4}$$

$$R_2 = \frac{K}{2} \qquad R_4 = \frac{K}{8}$$

Deci :

$$\alpha_1 = k \cdot 1 \; ; \quad \alpha_2 = k \cdot 2 \; ; \; \alpha_3 = k \cdot 4 \; ; \; \alpha_4 = k \cdot 8$$

In figură 6 *b* :

$$\alpha_1 = \frac{k}{R_2 + R_3 + R_4} = k' \cdot 1$$

$$\alpha_2 = \frac{k}{R_1 + R_3 + R_4} = k' \cdot 2$$

$$\alpha_3 = \frac{k}{R_1 + R_2 + R_4} = k' \cdot 4$$

$$\alpha_4 = \frac{k}{R_1 + R_2 + R_3} = k' \cdot 8$$

de unde se deduc valorile rezistențelor.

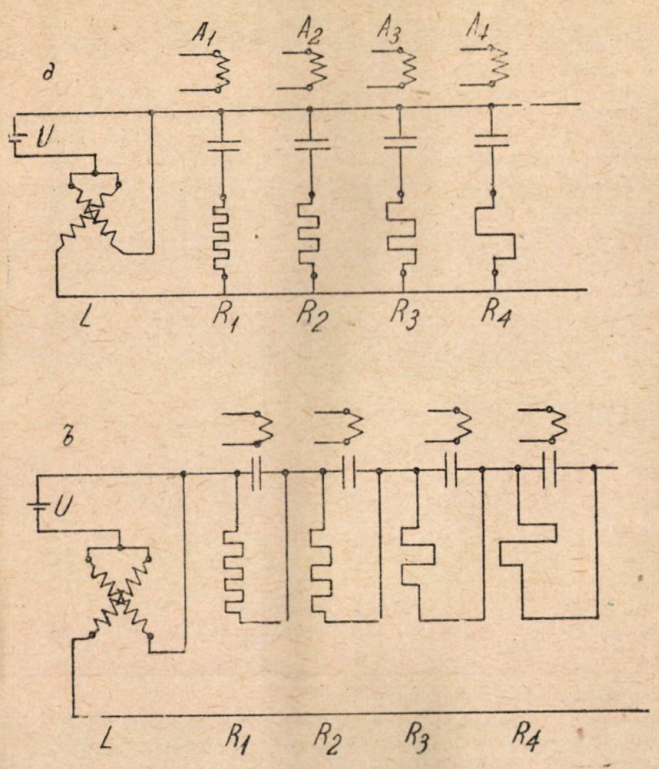


Fig. 6. Montarea aparatului receptor de măsură la sistemul cu cod :

a) cu rezistență rezultantă ; *b)* cu conductanță rezultantă.

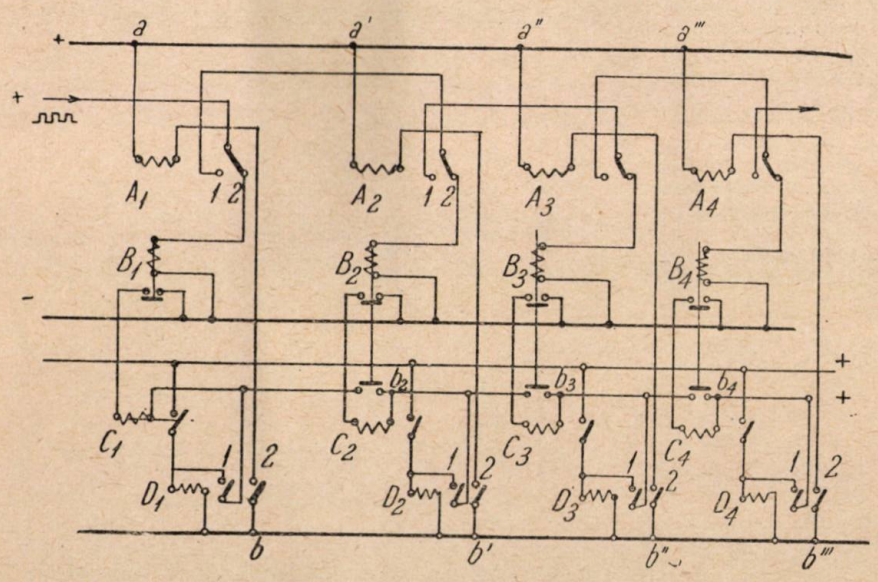


Fig. 7. Schema sistemului de telemăsură cu cod.

Releele A_1, A_2 etc. sunt comandate de impulsiunile de telemăsură în succesiunea corespunzătoare, pentru a se putea parcurge șirul de numere naturale. Astfel :

impuls 1 corespunde la nr. dual 1 se excită releul A_1

„ 2 „ „ „ „ 2 se excită releul A_2 se desexcită A_1

„ 3 „ „ „ „ 1+2 se menține excitat A_2 și se excită iarăși A_1.

„ 4 „ „ „ „ 4 se excită A_3 și se desexcită A_1 și A_2

„ 5 „ „ „ „ 4+1 se excită A_3 și A_1

„ 6 „ „ „ „ 4+2 se menține excitat A_3, se desexcită A_1 și se excită A_2 etc.

Primul impuls sosit excită releul B_1 care determină, prin închiderea contactului său, excitarea releului C_1 care la rândul său determină excitarea releului D_1 care, în sfârșit, își face autocontact și excită releul A_1, acesta punând prima rezistență în circuitul logometrului. Tot prin excitarea releului A_1 contactul său trece pe poziția 1 în așa fel că impulsul al doilea va determina excitarea lui B_2, care prin contactul său b_2 desexcită pe D_1, iar prin b_1 excită pe D_2 și deci pe A_2. Rezultă că A_2 se va excita introducând rezistența corespunzătoare numărului 2, iar prin desexcitarea lui D_1 se desexcită și A_1, deci este scoasă din circuit rezistența corespunzătoare numărului 1. Deci, contactul din A_1 va trece pe plotul 2 și deci viitorul impuls va reexcita pe D_1, rezultând că vor fi în circuit A_1 și A_2 deci corespunzător numerelor 1+2. Contactele lui A_1 și A_2 se găsesc pe ploturile 1, deci impulsul al patrulea va excita pe A_3 desexcitând prin b_3 pe A_1 și A_2 ; se introduc în circuit rezistențele corespunzătoare numărului 4, și așa mai departe.

Acest procedeu este favorabil cu deosebire la sistemele de curenți purtători cu un număr restrâns de canale.

b) *Sistemul de telemăsură bazat pe frecvența impulsiunilor* constă în aceea că mărimea respectivă, transmisă la distanță, este caracterizată prin numărul impulsiunilor în unitatea de timp ; de aci, numele de metodă bazată pe frecvența impulsiunilor.

Aparatul de transmisie este și în acest caz, un contor care are fixat pe axul său un comutator ce poate întrerupe un circuit într'un anumit ritm determinat de viteza unghiulară a axului contorului. Aparatul de recepție trebue, în acest caz, să înregistreze nu numărul absolut de impulsiuni, ci numărul impulsiunilor în unitatea de timp ; prin urmare, acest aparat este un frecvențmetru al impulsiunilor. Problema este de a se găsi un frecvențmetru simplu și robust.

In acest scop, se poate realiza măsura frecvenței în două moduri :

— prin măsura valorii medii a curentului ;

— prin măsura vitezei unui ax (cu o viteză unghiulară funcție de frecvență).

1. Măsurarea frecvenței prin măsurarea valorii medii a curentului.

Problema se poate rezolva în acest mod, deoarece fiecare impuls ce trece reprezintă o anumită cantitate de electricitate (*idt*), transportată prin sistemul de telemăsură. Curentul mediu, prin aparatul receptor, care reprezintă cantitatea de electricitate pe unitatea de timp, poate să servească drept un criteriu peste măsura frecvenței impulsiunilor. Totuși, dacă s'ar măsura simplu curentul mediu al impulsiunilor s'ar introduce practic erori mari datorită sistemului de transmisie. Pentru acest motiv, se utilizează cu succes sisteme de frecventmetre de tipul celor utilizate în U.R.S.S. de Prof. M. L. Tuckerman. In Laboratorul Central de Cercetări Științifice (ЦНИЕЛ) s'au elaborat multe perfecționări al sistemului.

Se va descrie mai jos un sistem de telemăsură cu frecvența impulsiunilor cu logometru.

Sistemul de telemăsură cu impulsiuni se compune din cele două instalaţiuni ca la orice sistem de telemăsură: instalaţia de emisie şi instalaţia de recepţie. Instalaţia de emisie este asemănătoare cu cea dela oricare sistem de telemăsură cu impulsiuni. (de ex. Mosenergo).

In cazul că se utilizează cu o instalaţie de curenţi purtători, se mai realizează un dispozitiv de emisie cu celulă fotoelectrică (fig. 8). Funcţionarea se realizează simplu prin ajutorul unui disc cu găuri, care întrerupe şi restabileşte lumina ce cade pe o celulă fotoelectrică, obţinându-se impul-

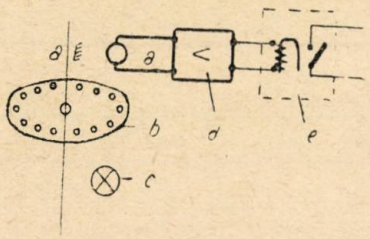


Fig. 8. Dispozitiv de emisie de telemăsură cu impulsiuni cu celula fotoelectrică:

a) celulă fotoelectrică; *b)* disc cu găuri; *c)* lampă cu incandescenţă; *d)* amplificator; *e)* releu emisie.

Aparatul nu are cuplu antagonist; după cum ştim, el va ocupa o poziţie egală cu

$$\alpha = K_3 \frac{K_2 i_2}{K_1' U} = K_4 \frac{i_2}{U} \qquad (1)$$

Dacă nicio impulsiune nu este transmisă pe linie, rezultă că releul (9) va sta în repaus şi deci contactul (15) poate ocupa o poziţie sau cealaltă fiind imobil. Rezultă că prin cadrul al doilea nu se va stabili niciun curent din cauza condensatorului care întrerupe circuitul. Rezultă:

$$i_2 = 0 \text{ şi } \alpha = 0$$

Aceasta este poziţia de repaus, de zero.

Dacă pe linie sunt transmise impulsiuni, adică dacă aparatul dela emisie măsoară o mărime, rezultă că releul (9) va fi excitat periodic deci şi contactul său (15) se va închide şi deschide periodic.

La fiecare trecere a contactului de pe o poziţie pe cealaltă, va rezulta prin cadrul respectiv (al doilea) al aparatului un curent de încărcare a condensatorului. Deci, prin bobină va trece o serie de impulsiuni de curent, funcţie de frecvenţa comutaţiei la (15) deci proporţional cu frecvenţa impulsiunilor pe linie. In fig. 10, este dată diagrama acestor impulsiuni

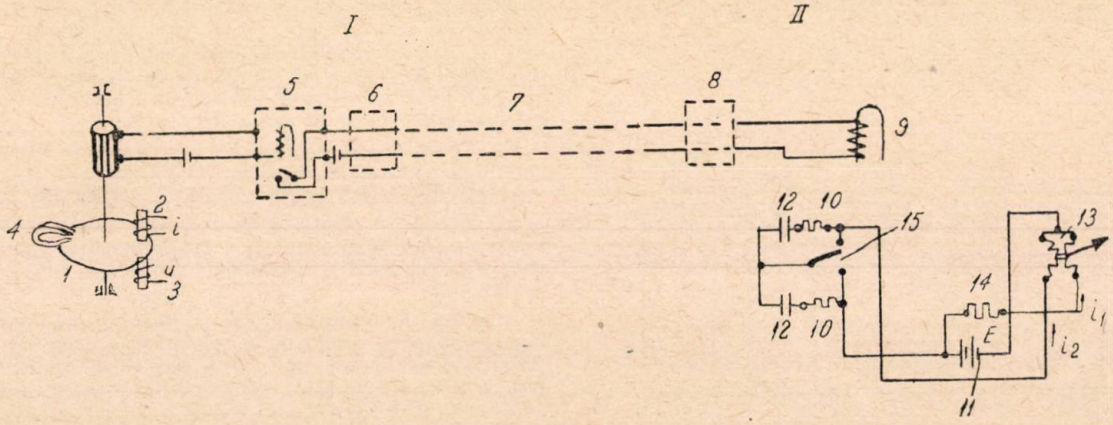


Fig. 9. Dispozitiv de telemăsură cu impulsiuni cu logometru

1) Disc; *2)* bobina de intensitate; *3)* bobina de tensiune; *4)* magnet permanent; *5)* releu polarizat emisie; *6)* emiţător; *7)* linie; *8)* receptor *9)* releu receptor polarizat; *10)* rezistenţa de amortizare; *11)* baterie de recepţie; *12)* condensatori; *13)* aparat inducţie; *14)* rezistenţe; *15)* contact.

siunile respective. La recepţie, impulsiunile de curent sunt aplicate fie direct, fie prin intermediul instalaţiunii (8) la un releu receptor (9) polarizat. Acesta poate acţiona contactul său (15) de pe o poziţie pe alta.

Intr'una din poziţii, contactul (15) poate scurtcircuita un condensator cu o rezistenţă în serie, permiţând stabilirea unui curent printr'o altă pereche de condensator şi rezistenţă In poziţia cealaltă a contactului, se inversează rezistenţa şi condensatorul.

In serie cu o rezistenţă (14) se situează montată la bornele unei surse de alimentare (11) una din bobinele mobile ale unui aparat cu bobine încrucişate şi cu magnet permanent.

Cealaltă bobină a aparatului se leagă în serie cu dispozitivul (15), (12), (10) adică rezistenţă-condensator-contact şi cu sursa (11).

Dacă se notează cu i_1 curentul prin primul cadru şi cu i_2 curentul prin cel de al doilea rezultă că cuplurile active datorită fiecărui cadru vor fi:

$$C_1 = K_1 i_1$$
$$C_2 = K_2 i_2$$

Insă:

$$i_1 = \frac{U}{R}$$

în care R este rezistenţa (14) (aceasta neglijând rezistenţa cadrului-foarte mică) rezultă:

$$C_1 = K_1 \frac{U}{R} = K_1' U$$

$$C_2 = K_2 i_2$$

Cantitatea de electricitate înmagazinată de condensatorul C în momentul încărcării este:

$$Q = CU$$

De aci valoarea medie a curentului de încărcare:

$$i_{2\,med} = \frac{CU}{T}$$

în care T este perioada. Sau:

$$i_{2\,med} = CUf.$$

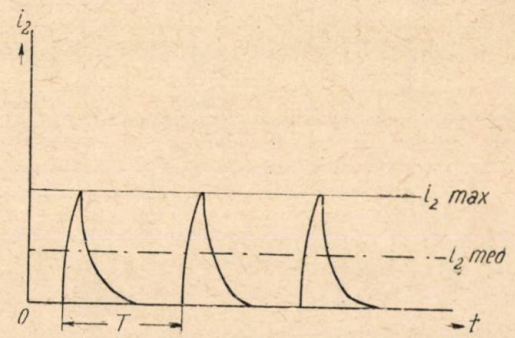


Fig. 10. Diagrama curentului ce străbate aparatul de măsurat.

Inlocuind în relaţia (1) obţinem :

$$\alpha = K_1 \, CU \frac{f}{U} = Kf$$

$$\boxed{\alpha = Kf} \qquad (2)$$

adică deviaţia este proporţională cu frecvenţa impulsiunilor, deci şi cu mărimea măsurată. Se vede că în constanta K nu intră decât mărimi constructive ale aparatajului şi nesupuse variaţiunilor în timp.

Se vede iarăşi că tensiunea U nu intră în relaţia de determinare a deviaţiunii şi deci aceasta din urmă nu depinde, în linii mari, de variaţiunile sursei de alimentare.

Pe de altă parte, se poate observa că valoarea rezistenţei de încărcare a capacităţii (rezistenţa 10 din fig. 9) nu intră în relaţia de proporţionalitate stabilită mai sus. Condiţia este ca durata unui impuls adică, timpul cât contactul stă pe una din poziţii, perioada, să fie mai mare decât durata de variaţie a curentului (fig. 11).

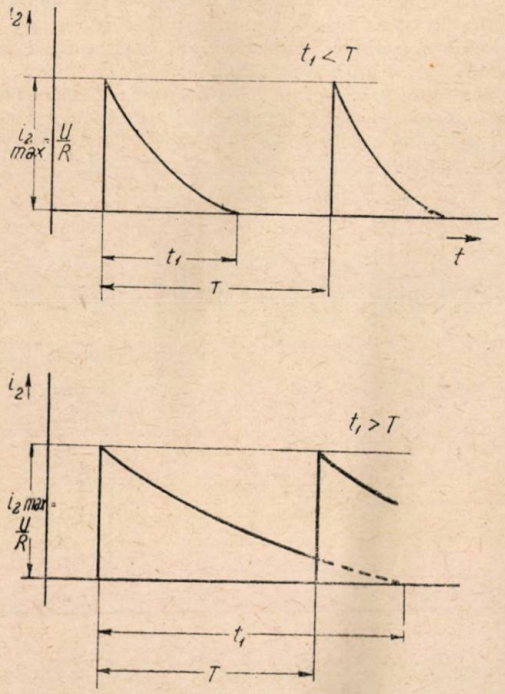


Fig. 11. Dependenţa indicaţiei telemăsurii de durata impulsiunilor.

Intr'adevăr, relaţiile stabilite anterior sunt valabile dacă

$$t_1 \leq T$$

deoarece numai atunci putem considera că :

$$i_{2\,med} = \frac{1}{T} \int_0^T i_2 \, dt = \frac{1}{T} \int_0^{\infty} \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{CR}} dt$$

care integrată :

$$i_{2\,med} = \frac{1}{T} \left[\left(\frac{U}{R} - RC \, e^{-\frac{t}{RC}} \right)_0^{\infty} \right] = \frac{UC}{T} = UCf$$

Practic, se poate considera că t_1 este timpul după care curentul a scăzut la 1% din valoarea maximă ; adică :

$$\frac{U}{R} e^{-\frac{t_1}{CR}} = 0{,}01 \frac{U}{R}$$

$$e^{-\frac{t_1}{CR}} = 0{,}01$$

$$t_1 = -CR \ln 0{,}01 = 4{,}6 \, CR = 4{,}6 \, \tau$$

Adică :

$$\boxed{T \geq 4{,}6\tau}$$

în care T este *perioada cea mai scurtă posibilă din procesul de telemăsură.*

Dacă această relaţie nu este îndeplinită, atunci relaţia (2) nu mai este valabilă. Intr'adevăr :

$$i_{2\,med} = \frac{1}{T} \int_0^T i_2 dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{CR}} dt$$

$$i_{2\,med} = \frac{1}{T} \left[\frac{U}{R} \left(-RCe^{-\frac{t}{RC}} \right)_0^T \right]$$

sau :

$$i_{2\,med} = \frac{UC}{T} \left[1 - e^{-\frac{T}{\tau}} \right]$$

$$\boxed{i_{2\,med} = UCf \left(1 - e^{-\frac{1}{\tau f}} \right)}$$

Se vede că, în acest caz, valoarea medie a curentului încetează de a mai fi proporţională cu frecvenţa, depinzând totodată şi de constanta de timp a circuitului. Pentru f tinzând către ∞, T tinde către 0 :

$$i_{2\,med} = \lim \frac{UC}{T} \left(1 - e^{-\frac{T}{t}} \right)_{T \to 0} = \frac{U}{R}$$

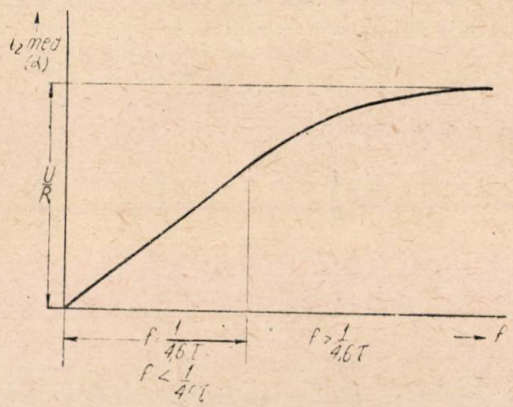


Fig. 12. Variaţia lui $i_{2\,med}$ în funcţie de frecvenţa cu scoaterea în evidenţă a celor două domenii : proporţional şi neproporţional.

In mod analog, sistemul de recepţie se poate face prin variaţia curentului într'un transformator (fig. 13). Dispo-

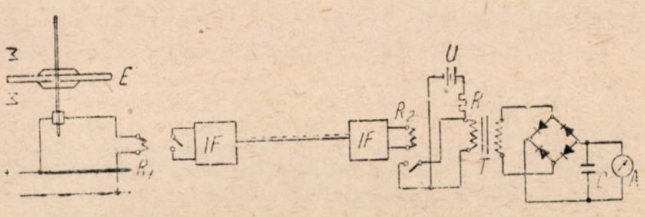


Fig. 13. Sistemul de telemăsură cu transformator, măsurător de frecvenţă.

zitivul de emisie este analog ; la recepţie, releul receptor R_2 determină, prin închiderea şi deschiderea sa succesivă, variaţia fluxului în fierul transformatorului, dela 0 la fluxul maxim. Aceasta va determina o variaţie de curent şi în secundarul transformatorului, curentul străbătând instrumentul A. Pentru a preîntâmpina deviaţiunile de sens invers, instrumentul se conectează prin intermediul unei punţi Graetz.

Din figură se vede că variaţia fluxului are loc :

la închiderea contactului, dela $\Phi_{max} \rightarrow 0$

la deschiderea contactului, dela $0 \rightarrow \Phi_{max}$

în care

$$\Phi_{max} = \frac{0{,}4\pi n_1 \mu S}{l} \cdot \frac{U}{R} = k_1 \cdot \frac{U}{R}$$

aceasta în domeniul de proporţionalitate a variaţiei inducţiei faţă de câmp.

F.e.m. secundară :

$$|E| = n_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Variaţia fluxului are loc după legea :

$$\Phi = k_1 \frac{U}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

în care :

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Deci :

$$E = n_2 k_1 \frac{U}{R} \frac{d\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} = n_2 k_1 \frac{U}{R} \frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

sau :

$$E = k_2 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Curentul ce străbate aparatul :

$$i = \frac{E}{R'} = k_3 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Valoarea sa medie :

$$i_{med} = \frac{k_3}{T}\int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{\tau}} dt = \frac{k_3}{T}\left(-\tau e^{-\frac{t}{\tau}}\right)_0^{\infty}$$

$$i_{med} = \frac{k_3 \tau}{T} = k_3 \tau f = k_4 f$$

$$\boxed{i_{med} = k_4 f}$$

Se observă că aparatul este dependent de tensiunea sursei de alimentare. La variaţia fluxului în sens contrar s'ar naşte un curent de sens invers, care este însă oprit de a trece prin aparat din cauza punţii redresoare.

Celelalte consideraţiuni, expuse anterior, rămân valabile şi pentru acest sistem de telemăsură.

Rolul condensatorului C este de a limita oscilaţiile acului aparatului indicator la frecvenţa scăzută. Nu trebue aleasă o valoare prea mare din cauză că s'ar putea introduce erori foarte mari de măsură.

La sistemul de telemăsură cu măsurarea frecvenţei prin măsurarea valorii medii a curentului se utilizează, după datele experimentale scoase de Laboratorul Central al Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S., frecvenţe cuprinse între 4 Hz la valoarea cea mai mică a scalei (valoarea minimă citibilă) şi 16 Hz la valoarea maximă. Frecvenţele se aleg în general la aceste valori mici din cauză :

— că ocupă un canal mic în aparatul de înaltă frecvenţă ;

— că necesită un aparataj mai puţin sensibil.

In adevăr, ultimul punct este deosebit de important. Dacă presupunem că o telemăsură durează tot cursul zilei (este permanentă) şi presupunând o valoare medie a scalei de jumătate din valoarea maximă, rezultă că releul receptor va determina acţiunea contactului său de aproximativ 10 ori pe secundă (zece închideri şi zece deschideri). Rezultă că pe zi vor fi 864 000 acţionări şi deci pe an aproximativ 300 000 000 acţionări. Se observă deci că un asemenea releu trebue să fie deosebit de robust.

S'au construit relee care au funcţionat 5 ani fără să necesite vreo revizie, deci la numărul extraordinar de 1,5 miliarde întreruperi.

2. Măsurarea frecvenţei prin sisteme tachometrice

Pentru rezolvarea problemei de a se transforma frecvenţa impulsurilor într'o mărime uşor măsurabilă, la recepţie, se foloseşte sistemul tachometric. Acest sistem constă din determinarea rotaţiei unui ax în funcţie de frecvenţa impulsiunilor ; acest ax, în rotaţia sa, determină învârtirea unui generator tachometric, a cărui tensiune produsă este măsurată de un voltmetru.

Un asemenea sistem este arătat în fig. 14. Impulsurile sosite la recepţie excită succesiv înfăşurarea unui releu receptor RR care, prin contactul său, va determina excitaţia alternativă dela sursa UR a electromagneţilor M.

Prin excitaţia succesivă a acestor electromagneţi este determinată, printr'un sistem de clicheţi analog ca la un ceasornic, antrenarea unei roţi care determină, la rândul său, rotaţia sacadată a unui ax, în ritmul impulsiuni.or. Viteza unghiulară de rotaţie a axului este proporţională cu frecvenţa impulsiunilor.

Cu aceeaşi viteză se va roti şi cursorul CI ce calcă pe rezistenţa în spirală R, situată pe axul antrenat de contorul amper-oră (cu viteză funcţie de curent) ; acest contor, precum şi rezistenţa, servesc pentru a compensa rotirea sacadată a axului într'o rotire continuă.

Să presupunem că contorul AO are o viteză egală cu viteza axului antrenat de electromagneţii M ; în acest caz, cursorul având o viteză sacadată va determina o anumită viteză a lui AO corespunzătoare poziţiei sale pe rezistenţă (de fapt

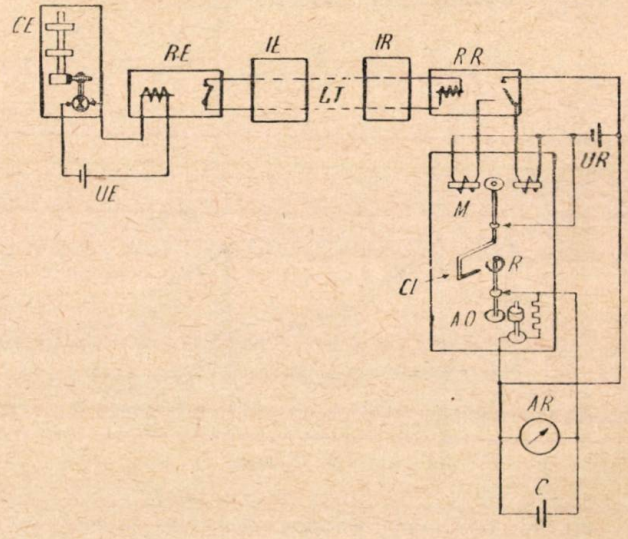


Fig. 14. Schema de principiu a sistemului tachometric de telemăsură bazată pe frecvenţa impulsiunilor

CE: Control de emisie cu contacte ; *RE:* Releu de emisie ; *UE:* Tensiune auxiliară la emisie ; *IE:* Instalaţie de emisie ; *LT:* Linie de transmisiune ; *IR:* Instalaţie de recepţie ; *RR:* Releu de recepţie ; *CI:* Compensator de impulsiune ; *M:* Electromagneţi de rotaţie ; *R:* Rezistenţă de reglaj ; *AO:* Contor de amperoră ; *AR:* Aparat de recepţie ; *C:* Condensator electric de filtraj ; *UR:* Tensiune auxiliară de recepţie.

cursorul avansând sacadat, viteza lui AO va oscila între două limite din cauza unei valori prea mari a lui R la un moment dat sau prea mici în momentul următor). Viteza medie a axului contorului AO fiind egală şi constantă cu cea a axului electromagneţilor putem scrie :

$$\omega_M = \omega_{AO}$$

Conform cu teoria maşinilor generatoare de curent continuu (neglijând pierderile ohmice) :

$$E = k \cdot n \quad N\,\Phi = K\omega_{AO}$$

rezultă că voltmetrul situat la bornele sale (fig. 14) va indica viteza ; ori :

$$\omega_M = \omega_{AO} = k \cdot f$$

rezultă că :

$$\boxed{E = K_1 \cdot f}$$

În cazul când impulsiunile cresc în frecvenţă, echilibrul se strică, cursorul *CI* ocupând o poziţie relativă spre o valoare mai mică a rezistenţei *R*, ceeace determină până la urmă, intrarea în regim staţionar şi satisfacerea relaţiei de proporţionalitate stabilită anterior.

Se utilizează întotdeauna montarea în paralel a instrumentului de măsură (montaj voltmetric) deoarece montarea în serie, care — aparent — ar duce la acelaşi rezultat este pasibilă de erori. In adevăr, viteza contorului este în oarecare măsură, determinată şi de cuplul de frânare care ia naştere din cauza curenţilor Foucault din tamburul de aluminiu ce susţine înfăşurarea indusului. Ori dacă temperatura contorului creşte, rezistenţa aluminiului creşte, curenţii turbionari scăzând.

Aceasta determină o scădere a cuplului de frânare, o iuţire a vitezei contorului şi o variaţie a intensităţii. Pentru a se remedia acest lucru, se introduce o rezistenţă în serie cu astfel de coeficient de temperatură, încât să poată compensa variaţiunile amintite

In orice caz, nu se utilizează decât un sistem de măsură voltmetric.

c. *Sistemul de telemăsură bazat pe durata impulsiunilor*

Acest sistem constă din faptul că măsura, transmisă la distanţă, este caracterizată printr'o impulsiune a cărei durată determină procesul respectiv.

Cu alte cuvinte, în întregul proces de telemăsură, se vor transmite la distanţă impulsiuni electrice periodice, caracterizate prin aceea că în cursul unei perioade luată ca unitate de timp, se transmite o singură impulsiune, a cărei durată este proporţională cu mărimea transmisă.

In scopul acesta, trebue rezolvat : întâi obţinerea unui impuls proporţional, ca durată, cu mărimea respectivă la partea transmiţătoare, iar apoi transformarea impulsului, de o anumită durată, la înregistrări proporţionale ale aparatului de recepţie.

La transmisiune se realizează un dispozitiv compus din două inele montate pe un ax, care este rotit de un motor cu viteză constantă.

Fiecare din aceste inele este compus, la rândul său, dintr'un semiinel conductor şi un semiinel izolant. Părţile conductoare ale celor două inele sunt dispuse la 180° unul faţă de celălalt şi în comunicaţie electrică.

Pe fiecare din aceste inele se găseşte o perie de contact ; una din aceste perii este fixă, iar cealaltă este mobilă şi solidară cu axul aparatului de măsură. Sistemul este astfel aranjat încât la poziţia *O* a aparatului indicator, cele două perii sunt în opoziţie. In circuitul periilor se găseşte un releu de emisiune, care are rolul de a transmite pe linie impulsiunile respective.

La poziţia *O* a aparatului, cele două perii fiind în situaţia de opoziţie se vede că nu vor putea cădea niciodată [1]) în acelaşi moment pe porţiunile conductoare ale inelelor şi deci nu vor determina niciodată închiderea circuitului.

Dacă acul instrumentului indicator se va deplasa cu un unghiu μ, periile se vor găsi în contact o durată corespunzătoare unghiului μ (fig. 15).

Dacă se notează cu ω viteza unghiulară (constantă) a axului inelelor, atunci timpul în care cele două perii se vor găsi în scurt circuit :

$$t = \frac{\mu}{\omega} = \frac{30\mu}{\pi n}$$

în care n este numărul de ture/minut. Dacă, notăm cu T perioada, adică timpul după care un punct de pe ax se va găsi în aceeaşi poziţie (timpul în care axul a executat 2π radiani) se vede că :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{60}{n}$$

sau :

$$t = \frac{\mu T}{2\pi}$$

ori :

$$\mu = k \cdot \alpha.$$

[1]) abstracţie făcând de grosimea periilor.

în care α este mărimea măsurată. Deci :

$$\boxed{t = \frac{kT}{2\pi}\alpha = K\alpha}$$

unde K este constanta globală a aparatului.

La recepţie, aparatul poate fi un aparat de curent continuu, care va măsura media impulsiunilor. Se vede că dacă se notează prin I curentul corespunzător unei impulsiuni, curentul mediu va fi egal cu :

$$i_{med} = I \cdot \frac{t}{T}$$

Sistemul are însă desavantajul unor posibilităţi foarte mari de erori din cauza imposibilităţii de a se ţine constantă valoarea lui I, în special la sistemele cu curenţi purtători.

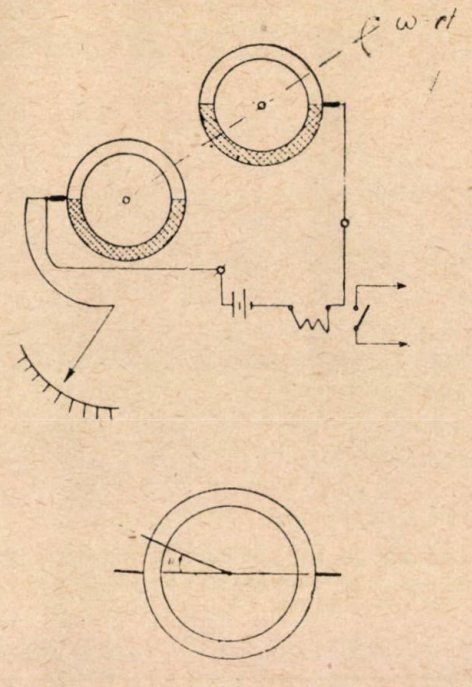


Fig. 15. Sistemul de transmisiune la telemăsură cu durata impulsiunilor.

In acest scop se utilizează dispozitive de compensare care sunt destul de complicate. ceeace face ca acest sistem să fie utilizat numai la legătură fizică (prin cable). Trebue citate dispozitivele de acest fel aplicate de docentul *F. E. Temnicov* dela Institutul Electrotehnic „V. I. Lenin", din Leningrad.

Sistemul bazat pe durata impulsiunilor se întrebuinţează, cu precădere, la telereglaj.

VII. SISTEMUL DE TELEMĂSURĂ, CU VARIAŢIE DE FRECVENŢĂ

Acest sistem se caracterizează prin aceea că pentru fiecare mărime măsurată de aparatul de măsură dela emisie corespunde o altă frecvenţă a unei oscilaţii electrice. Variaţia de frecvenţă a acestei oscilaţii în funcţie de mărimea măsurată se face în mod continuu. La recepţie, variaţia de frecvenţă este transformată într'o variaţie a unei alte mărimi electrice (tensiune sau intensitate) ce influenţează aparatul receptor.

Cu alte cuvinte dacă se dă o mărime electrică :

$$u = U \sin \omega t$$

ce modulează postul de curenţi purtători (sau este transmisă direct pe linie în cazul unui circuit fizic), frecvenţa acestei oscilaţii este :

$$f = \varphi(\alpha)$$

în care α este mărimea măsurată.

Radiotehnica a permis ca prin dispozitive simple să se rezolve problema generării unei oscilaţii cu frecvenţă variabilă. In adevăr, prin variaţia inductanţei unei valori sau a

capacității unui condensator în funcție de mărimea măsurată, se permite ca să se varieze oscilația unui generator electronic.

Până la apariția oscilatorilor *RC* de frecvență joasă (necesară, după cum se va vedea) foarte constantă, se utiliza deobicei fenomenul bătăilor între două oscilații de frecvență ridicată. Acest sistem avea deasvantajul unei foarte reduse stabilități de frecvență, pentru care motiv se făcea variația frecvenței la ambii oscilatori, însă în sens invers, prin condensator diferențial, pentru ca — printr'o construcție identică a celor doi oscilatori — orice variație de frecvență din alte cauze decât telemăsura (variația tensiunilor de alimentare, încălzire etc.) să fie fără efect.

Actualmente, se utilizează sistemele cu generatori *RC* sau alții. Vom descrie tipul de sistem de telemăsură ORGRES (Trustul de Stat pentru organizarea și raționalizarea centralelor electrice, U.R.S.S.).

La emisie (fig. 16-*1*), se cuplează de axul aparatului de măsură rotorul unui condensator variabil, care determină frecvența de oscilație la un generator *RC*. Tensiunea dela

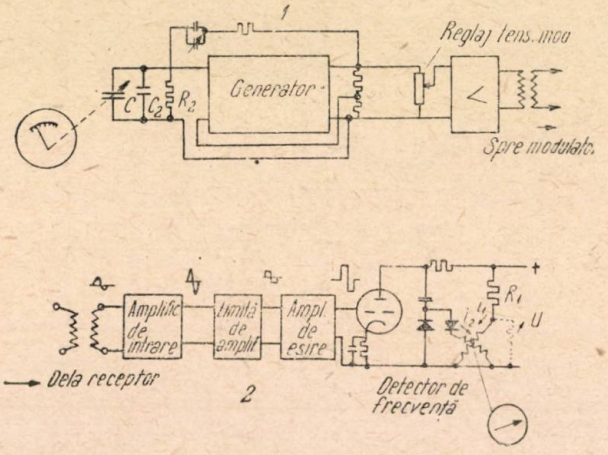


Fig. 16. Sistemul de telemăsură cu variație de frecvențe ORGRES (URSS).

generator se aplică unui amplificator și deacolo în circuitul de modulație.

La receptor, oscilațiile primite sunt amplificate, de unde se introduc într'un limitator de amplitudine, care transformă oscilațiile sinusoidale în oscilații dreptunghiulare de amplitudine constantă. Aceste oscilații sunt amplificate și sunt aplicate detectorului de frecvență. Tubul electronic amplifică, la rândul său, oscilațiile care vor apărea la bornele rezistenței de anod *R*. Aceste oscilații vor da naștere la un curent alternativ rectangular prin condensatorul *C*. Semialternanțele pozitive se vor canaliza prin cadrul unui logometru, iar cele negative se vor scurtcircuita la masă. In așa fel valoarea medie a curentului ce străbate logometrul va fi proporțională cu frecvența impulsiunilor:

$$i_{2\,med} = k \cdot f$$

aceasta, deoarece amplitudinea lor este constantă.

Se vede că:

$$i_1 = \frac{U}{R_1}$$

deci:

$$\alpha = \frac{i_2}{i_1} = K \cdot f$$

aceasta, deoarece variațiile lui U atrag aceleași variații ale lui i_2, cât și ale lui i_1, raportul rămânând constant.

Generatorul, de tipul *RC*, are două etaje fiind excitat prin legătură inversă pozitivă și stabilizat prin legătură inversă negativă.

Sistemul funcționează cu o eroare de 1,5...2,5 % și pentru frecvențe cuprinse între 2 500...5 000 Hz, adică deasupra canalului telefonic.

Se observă că sistemul, la recepție, este întrucâtva influentat de sursa de tensiune de alimentare.

Un alt sistem este constituit din instalația descrisă în schema din fig. 18. Ca orice instalație de telemăsură, aceasta constă dintr'o instalație de emisie dela locul de unde se transmite la distanță măsura respectivă și o instalație de recepție, la locul unde se cere indicația respectivă.

La emisie, pe aparatul de măsură (fig. 18), se instalează, solidar cu axul, bobina mobilă a unui variometru. Aceasta este formată dintr'o bobină mobilă situată în întrefierul unui bobinaj fix (fig. 17).

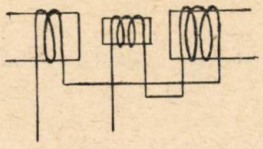


Fig. 17. Principiul variometrului

Dacă notăm cu L_1 inductanța bobinajului fix și cu L_2 inductanța bobinajului mobil, cele două bobinaje se leagă în serie, rezultând o deviațiune rezultantă de

$$L = L_1 + L_2 + 2\,M$$

sau deoarece la maximum:

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

cuplajul fiind sensibil egal cu unitatea rezultă că:

$$L = L_1 + L_2 \pm 2\sqrt{L_1 L_2}$$

M variind cu deviația α a axului, rezultă că:

$$L = f\,(\alpha)$$

Prin intermediul cablului bifilar (5), se leagă variometrul la intrarea unui tub electronic (11) montat ca oscilator cu cuplaj inductiv, prin ajutorul transformatorului (13).

Variometrul complectat de un condensator și o inductanță fixă determină un circuit oscilant, care va determina la rândul său frecvența oscilațiilor generate. Rezultă deci că:

$$f = f\,(\alpha)$$

adică frecvența oscilațiilor este frecvența de deviație a instrumentului (3).

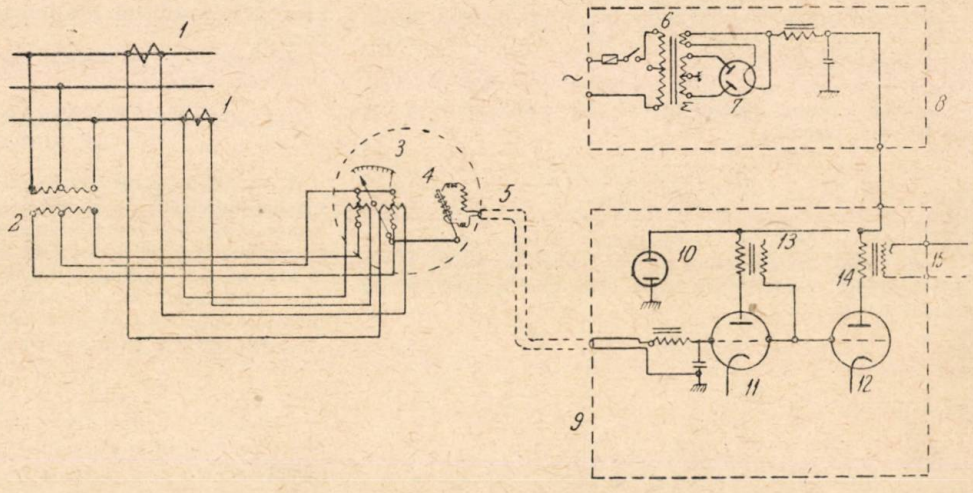


Fig. 18. Dispozitivul de emisie la telemăsură cu variație de frecvență:

1) transformator de intensitate; *2)* transformator de tensiune; *3)* wattmetru; *4)* inductanță variabilă; *5)* cablu; *6)* transformator de alimentare; *7)* tub redresor; *8)* dispozitiv de alimentare; *9)* emițător de frecvență variabilă; *10)* tub stabilizator; *11)* tub oscilator; *12)* tub amplificator; *13)* transformator de oscilație; *14)* transformator de cuplaj linii; *15)* linie.

Tensiunea de frecvenţă f obţinută la grilă este aplicată la tubul (12), iar prin transformatorul (14) este transmisă pe linie (15). Dispozitivul de emisiune este alimentat de un redresor cu tub biplacă; tensiunea anodică este stabilizată prin tubul cu neon (10), care menţine constantă tensiunea la

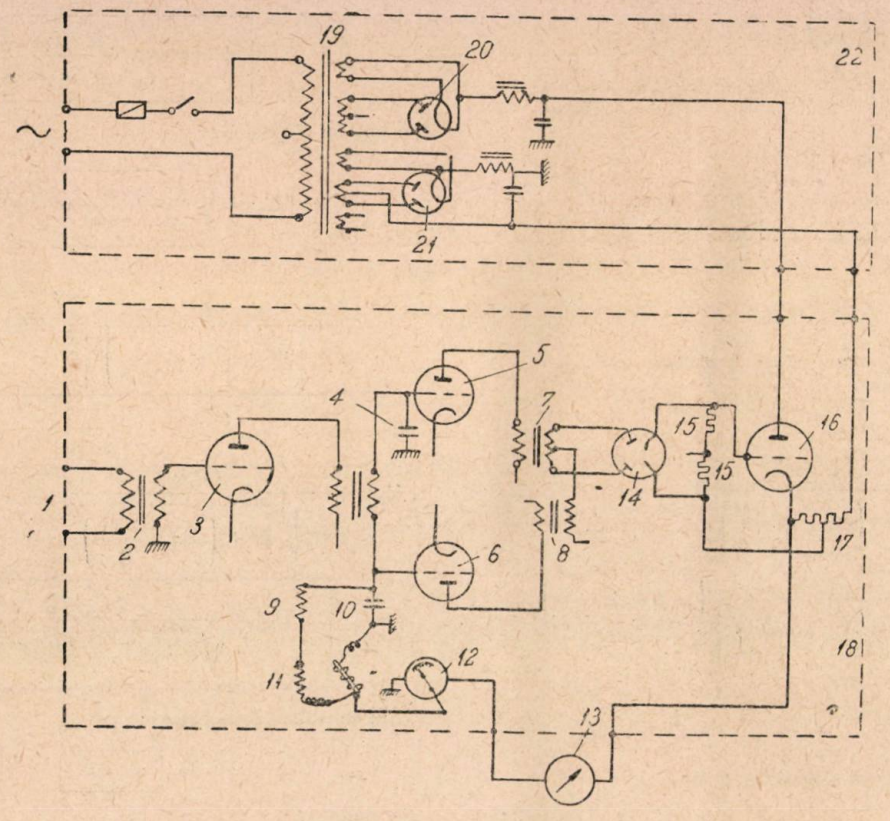


Fig. 19. Dispozitiv de recepţie telemăsură cu frecvenţa variabilă:
1) linie; *2)* transformator intrare; *3)* tub amplificator; *4)* condensator; *5)* tub amplificator; *6)* tub amplificator; *7)* transformator; *8)* transformator; *9)* inductanţă fixă; *10)* condensator; *11)* inductanţă variabilă; *12)* aparat de măsură receptor; *13)* aparat de măsură indicator; *14)* tub redresor; *15)* rezistenţa; *16)* tub amplificator; *17)* rezistenţa variabilă; *18)* receptor telemăsură; *19)* transformator de alimentare; *20)* tub redresor; *21)* tub redresor.

bornele oscilatorului pentru ca frecvenţa oscilaţiilor să nu fie influenţate de eventualele variaţiuni de tensiune anodică.

La recepţie, tensiunea aplicată dela linia (1) prin transformatorul (2) este amplificată de tubul (3), obţinându-se

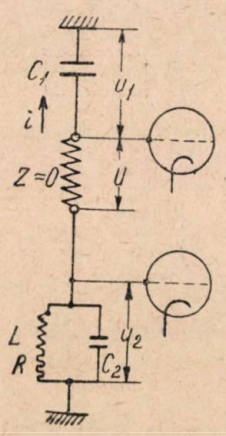


Fig. 20. Schema echivalentă a divizorului de tensiune.

această tensiune amplificată la bornele secundare ale transformatorului (4).

Această tensiune va fi caracterizată prin aceea că are o frecvenţă egală cu cea dela emisie, adică funcţie de poziţia acului instrumentului dela emisie, funcţie de mărimea măsurată:

$$u = U \sin \omega t$$

în care

$$\omega = f(\alpha)$$

Se vede că pe secundarul transformatorului vom avea realizat un divizor de tensiune.

Neglijând impedanţa de intrare a tuburilor (foarte mare) vom putea scrie:

$$i = \frac{U}{Z_1 + Z_2}$$

în care:

$$Z_1 = -jd$$

$$Z_2 = a + jb$$

deci:

$$i = U \frac{1}{a + j(b - d)}$$

sau

$$i = U \frac{a - j(b - d)}{a^2 + (b - d)^2} = U \left[\frac{a}{a^2 + (b - d)^2} - j \frac{(b - d)}{a^2 + (b - d)^2} \right] \quad (3)$$

Unghiul de decalaj între curent şi tensiune va fi:

$$\boxed{\operatorname{tg} \varphi = \frac{d - b}{a}} \quad (4)$$

Să explicităm valorile impedanţelor:

$$Z_1 = -j\frac{1}{\omega C_1}$$

$$Z_2 = \frac{(R+jL\omega)-\left(\frac{j}{C_2\omega}\right)}{R_1+jL\omega-\frac{j}{C_2\omega}} \cong \frac{L}{C_2\left[R+j\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)\right]} =$$

$$= \frac{L\left[R-j\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)\right]}{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]}$$

neglijând:

$$\frac{R}{C_2\omega} \cong 0 \text{ adică } R \ll C_2\omega$$

deci:

$$a \equiv \frac{L}{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]}R$$

$$b \equiv \frac{L}{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]}\left(-L\omega+\frac{1}{C_2\omega}\right)$$

$$d \equiv \frac{1}{\omega C_1}$$

Decalajul între curent şi tensiune va fi:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{d-b}{a} = \frac{\frac{1}{\omega C_1}-\frac{L}{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]}\left(-L\omega+\frac{1}{C_2\omega}\right)}{\frac{L}{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]}\cdot R}$$

sau:

$$\boxed{\operatorname{tg}\varphi = \frac{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]+L\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)C_1\omega}{RLC_1\omega}} \quad (5)$$

Valorile tensiunilor la bornele capacităţii C_2 şi a circuitului LRC_2 vor fi:

$$U_1 = i\,Z_1$$

$$U_2 = i\,Z_2$$

sau:

$$u_2 = u_1\frac{Z_2}{Z_1} = u_1\frac{a+jb}{-jd} = u_1\frac{ja-b}{d}$$

admiţând ca origină de bază, faza lui u_1 şi valoarea modulului său egală cu unitatea, vom avea:

$$u_1 = 1\,\underline{|0}$$

sau:

$$u_2 = -\frac{b}{d}+j\frac{a}{d}$$

deci decalajul (argumentul modulului) va fi:

$$\operatorname{tg}\psi = -\frac{a}{b} = \frac{-R}{\frac{1}{C_2\omega}-L\omega} = \frac{RC_2\omega}{\omega^2LC_2-1}$$

$$\boxed{\psi = \operatorname{arc\,tg}\frac{RC_2\omega}{1-LC_2\omega^2}}$$

Modulul lui U_2 va fi:

$$|U_2| = \sqrt{\frac{b^2}{d^2}+\frac{a^2}{d^2}} = \sqrt{\frac{a^2+b^2}{d}}$$

sau:

$$|U_2| = \frac{\frac{L}{C_2\left[R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2\right]}\sqrt{R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2}}{\frac{1}{C_1\omega}}$$

$$|U_2| = \frac{LC_1\omega}{C_2\sqrt{R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2}}$$

$$\boxed{|U_2| = \frac{LC_1\omega^2}{\sqrt{R^2C_2^2\omega^2+(LC_2\omega^2-1)^2}}} \quad (6)$$

Vom considera două cazuri:

1) $\boxed{\omega = 0}$

Se vede că:

$$|U_2| = 0 \quad (7)$$

şi

$$\psi = 0° \text{ sau } 180°$$

2) $\boxed{\omega^2LC_2 = 1}$ rezonanţa

Se vede că:

$$|U_2| = \frac{LC_1\omega}{RC_2} = \frac{LC_1}{RC_2}\frac{1}{\sqrt{LC_2}} = \frac{C_1}{RC_2}\sqrt{\frac{L}{C_2}} \quad (8)$$

şi $\psi = 90°$

3) $\boxed{\omega = \infty}$

Se vede că $|U_2|$ se poate pune sub forma:

$$|U_2| = \frac{LC_1}{\sqrt{\frac{R^2C^2}{\omega^2}+\left(LC_2-\frac{1}{\omega_2}\right)^2}}$$

care pentru $\omega = \infty$

$$|U_2| = \frac{C_1}{C_2}$$

şi $\psi = 180°$ sau $0°$

se vede că a nu poate lua decât valori pozitive pe când b este susceptibil de a avea şi valori pozitive şi valori negative. De aci rezultă că argumentul ψ nu poate fi cuprins decât între 0 şi 180°, şi anume:

$b < 0$	corespunde	$\omega^2LC_2 > 1$	$0 \leq \psi \leq 90°$
$b = 0$	„	$\omega^2IC_2 = 1$	$\psi = 90°$
$b > 0$	„	$\omega^2LC_2 < 1$	$90° < \psi \leq 180°$

Valoarea maximă a lui $|U_2|$ o obținem din relația (8) prin derivare :

$$\frac{d|U_2|}{d\omega} = \frac{2LC_1\omega\sqrt{R^2C_2^2\omega^2+(LC_2\omega^2-1)^2} - \frac{2\omega R^2C_2^2+4L^2C_2^2\omega^3-4LC_2\omega}{2\sqrt{R^2C_2^2\omega^2+(LC_2\omega^2-1)^2}}LC_1\omega^2}{R^2C_2^2\omega^2+(LC_2\omega^2-1)^2} = 0$$

Prima soluție

$$\omega = 0 \text{ minim}$$

$$4LC_1R^2C_2^2\omega^2 + 4L^3C_2^2C_1\omega^4 - 8L^2C_1C_2\omega^2 + 4LC_1 - 2LC_1R^2C_2^2\omega^2 - 4L^3C_1C_2^2\omega^4 + 4L^2C_1C_2\omega^2 = 0$$

sau :

$$\omega^2(R^2C_2^2 - 2LC_2) = -2$$

sau :

$$\omega^2 = \frac{2}{2LC_2 - R^2C^2}$$

$$R^2C^2 \ll 2LC_2$$

și deci

$$\omega^2 \cong \frac{1}{LC}$$

sau :

$$\omega \cong \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

adică la rezonanță, acesta este un maxim.

ω	0	$\frac{1}{\sqrt{LC}}$	∞	Observații
$\lvert U_2 \rvert$	0	$\frac{C_1}{RC_2}\sqrt{\frac{L}{C_2}}$	C_1/C_2	Maxim la rezonanță
$\lvert U_2 \rvert$	1	1	1	
ψ	0°	90°	180°	

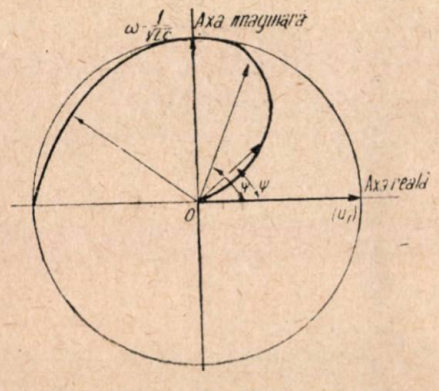


Fig. 21. Reprezentarea în planul complex a variației tensiunii (U_2)

Dacă se alege :

$$\boxed{C_1^2L = R^2C_2^3} \quad (9)$$

rezultă că la rezonanță

$$|U_1| = |U_2|$$

și dacă iarăși :

$$\boxed{C_1 = C_2} \quad (10)$$

deci din (9) și (10)

$$\boxed{L = R^2C} \quad (11)$$

rezultă că în vecinătatea rezonanței, vectorul $|U_2|$ rămâne de o lungime sensibil constantă cu $|U_1|$.

Valorile (9) (10) și (11) ne permit determinarea diverșilor parametri.

Tensiunile u_1 și u_2 sunt amplificate de tuburile 5 și 6 și se regăsesc amplificate în același raport la bornele secundare ale transformatorilor 7 și 8.

Urmează etajul de detecție care urmărește a transforma o variațiune de frecvență într'o variațiune de tensiune continuă.

Etajul de detecție este redat, pentru o mai bună înțelegere în fig. 22. Se observă că tensiunea aplicată între catodul și anodul fiecărui tub este : pentru tubul 14_I : e_1

pentru tubul 14_{II} : e_2

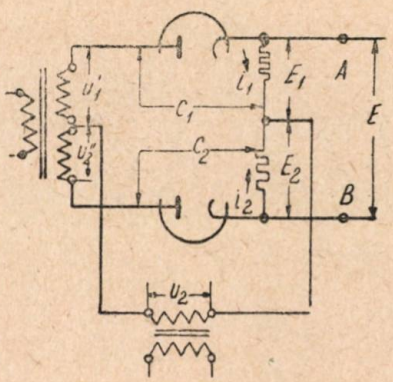


Fig. 22. Detaliul circuitului de detecție.

Tensiunile e_1 și e_2 rezultă prin însumarea vectorială a două tensiuni :

$$\bar{e}_1 = \bar{u}_1' + \bar{u}_2 \quad (12)$$

$$\bar{e}_2 = \bar{u}_1'' + \bar{u}_2 \quad (13)$$

Tensiunile u_1' și u_1'' sunt obținute la bornele a două jumătăți ale bobinajului secundar al transformatorului 7. In acest fel, se vede că :

$$u_1' \text{ este în fază cu } u_1 : u_1' = u_1 \angle 0 \quad (14)$$

$$u_1'' \text{ este în opoziție cu } u_1 : u_1'' = u_1 \angle 180° \quad (15.$$

Tensiunea u_2 este în fază cu tensiunea aplicată tubului 6)

$$u_{2\,trafo} = u_{2\,intr} \angle 0 \quad (16)$$

Printr'un calcul judicios al etajelor 5 și 6 și al transformatorilor 7 și 8 se obține condiția dela intrare, de raport între modulii vectorilor :

$$\frac{|U_1'|}{|u_2|} = \frac{|U_1''|}{|U_2|} \approx 1 \quad (17)$$

Prin însumarea vectorială a tensiunilor se obține tensiunea efectiv aplicată tuburilor. In fig. 23 *a* este arătată tensiunea e_1 pentru cazul rezonanței $\psi = 90°$, în fig. 24 *a* și fig. 25 *a*, aceeași tensiune pentru cazurile $\psi < 90°$ și $\psi > 90°$.

In fig. 23 *b*, fig. 24 *b* și fig. 25 *b*, același lucru pentru cazul când ψ variază. Se vede ușor că :

$|E_1|$ este maxim și egal cu 2 $|U_1'|$ pentru $\psi = 0$

$|E_1|$ este minim și egal cu 0 pentru $\psi = 180°$

$|E_2|$ este minim și egal cu 0 pentru $\psi = 0$

$|E_2|$ este maxim și egal cu 2 $|U_1''|$ pentru $\psi = 180°$

La rezonanță $\psi = 90°$.

$|E_1| = |E_2|$

Curenţii nu se vor putea stabili prin cele două diode decât numai în momentul alternanţelor pozitive ale tensiunilor. In linie punctată la fig. 25 *a* şi *b*, sunt date valorile instantanee ale curenţilor i_1 şi i_2.

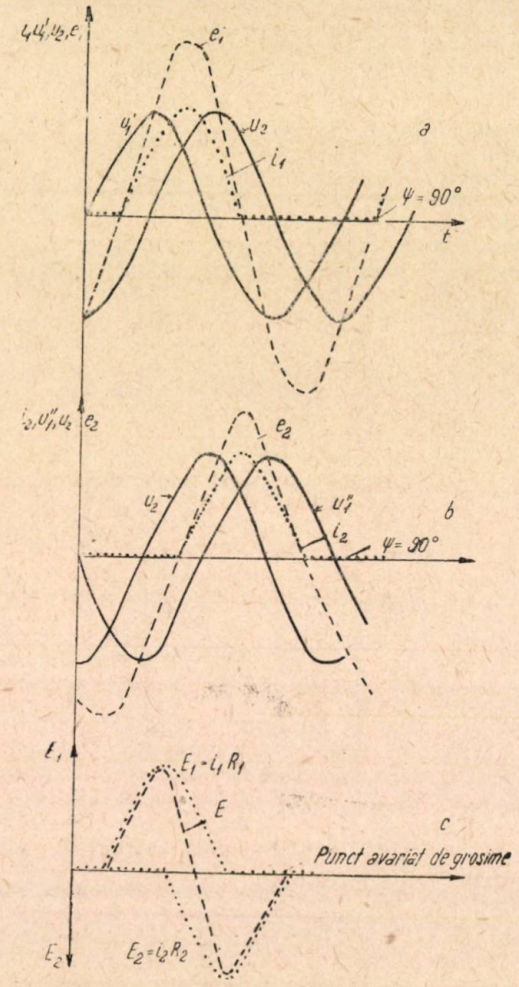


Fig. 23. Diagrama variaţiilor instantanee a tensiunilor şi curenţilor dela detecţie.

Aceşti curenţi vor da, la trecerea prin rezistenţele R_1 şi R_2 tensiuni egale cu:

$$E_1 = i_1 R_1 \qquad (18)$$
$$E_2 = i_2 R_2 \qquad (19)$$

La bornele celor două rezistenţe, se va obţine tensiunea E care va fi egală cu diferenţa celor două tensiuni, curenţii prin cele două rezistenţe având sens contrar. Vom avea:

$$|E| = E_1 - E_2 \qquad (20)$$

a cărei variaţie instantanee este redată în fig. 25 c.

Se vede că:

1. pentru $\psi = 90°$ E este alternaţia deci $E_c = 0$ componentă continuă.
2. pentru $\psi < 90°$ E prezintă o componentă continuă: E_c de semnul lui E_1: pozitiv.
3. pentru $\psi > 90°$ E prezintă o componentă continuă E_c de semnul lui E_2: negativ.

Deci:

E_{AB}: pozitiv pentru $\psi < 90°$
$E_{AB} = 0$ pentru $\psi = 90°$
E_{AB}: negativ pentru $\psi > 90°$

Tensiunea E_{AB} se aplică tubului amplificator 16 de curent continuu.

Să presupunem că la emisie nu avem o indicaţie de telemăsură: instrumentul indicator stă la zero, ceeace înseamnă o anumită poziţie a variometrului, adică o anumită frecvenţă f_0 emisă.

La recepţie, aparatele indicatoare 12 şi 13 nu au cuplu antagonist fiind în echilibru indiferent. Axul lui 12 situat chiar în ansamblul receptorului este solidar cu variometrul 11, care nu este altceva decât inductanţa L din circuitul oscilant amintit mai înainte.

Deoarece axul lui 12 nu are cuplu antagonist rezultă deci că bobinajul său nu este străbătut de curent, el poate ocupa orice poziţie, fiind în echilibru indiferent.

Aparatul 12 se găseşte intercalat în circuitul anodic al tubului 17. Deci, în repaus, adică atunci când: $E_c = 0$, în circuitul anodic al tubului va circula un curent egal aproximativ cu i_a pentru tensiunea de negativare V_1 şi tensiunea anodică V_2. Acest curent străbate aparatul 12.

In acelaşi timp, dela sursa V_2 se mai stabileşte un circuit prin aparat şi prin rezistenţa R; curentul este de sens invers, din cauza polarităţii schimbate a lui V_2. Vom avea în acest caz valoarea curentului dela sursa V_2:

$$i_{V_2} = \frac{V_2}{R + r_g}$$

în care r_g este rezistenţa internă a instrumentului. Acest curent va provoca la bornele lui 12 o cădere de tensiune egală cu:

$$L_{V_2} r_g = \frac{V_2}{R + r_g} r_g$$

Pe de altă parte: $i_a r_g$, căderea de tensiune datorită curentului anodic, se reglează din negativare (prin variaţia lui v_1, datorită variaţiei consumului pe rezistenţă) ca:

$$i_a r_g = i_{v_2} r_g$$
$$i_a = i_{v_2}$$

de unde:

$$i_a = \frac{V_2}{R + r_g}$$

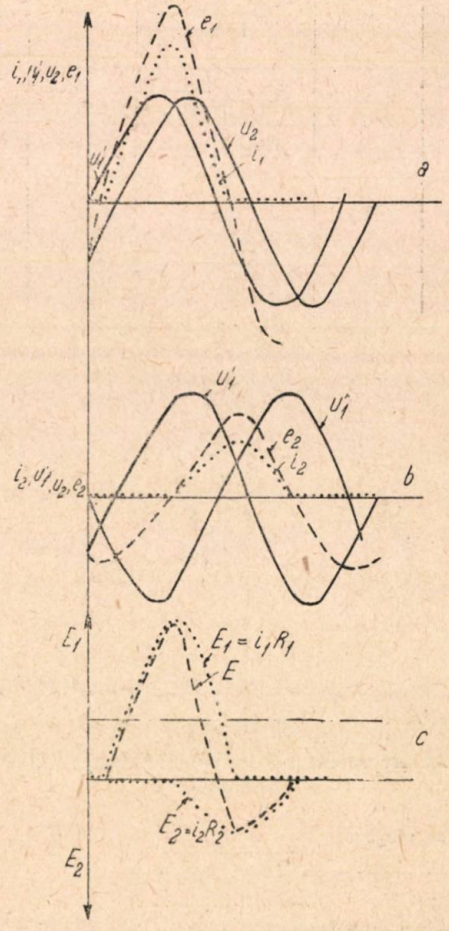


Fig. 24. Diagrama variaţiei instantanee a tensiunilor şi curenţilor în curentul de detecţie $\psi < 90°$
a) tubul I; *b)* tubul II; *c)* tensiunea şi curenţii catod.

sau:

$$i_a R + i_a r_g = V_2$$

sau:

$$R = \frac{V_2 - i_a r_g}{i_a} = \frac{V_2}{i_a} = r_g \qquad (21)$$

care ne dă valoarea lui R în funcţie de V_2, i_a şi r_g. In acest caz, curentul de repaus i_a se închide numai prin sursa V_2 şi aparatul 12 nu este străbătut de curent.

Rezultă deci că inductanţa L are o valoare nedeterminată; tensiunea recepţionată, corespunzând indicaţiei 0 a instrumentului la emisie de frecvenţa f_0, va găsi circuitul LC_2 în afară de frecvenţa de rezonanţă. Rezultă la eşirea dela detecţie o tensiune E_c de o anumită polaritate, care va schimba punctul de funcţionare al tubului dela tensiunea de negativare $v_1 \pm E_c$ depinzând de semnul lui E_c. Rezultă o variaţie $\mp \Delta i_a$ a curentului anodic care străbate aparatul 12.

Acesta va fi supus la un cuplu care îi va roti acul într'un sens, astfel aranjat încât să apropie circuitul LC_2 de rezonanţă. Pe măsură ce acul deviază tensiunea E_c diminuează, cuplul diminuează pentru ca în momentul când LC_2 se găseşte la rezonanţă cu f_0, E_c să fie nul, după cum am văzut

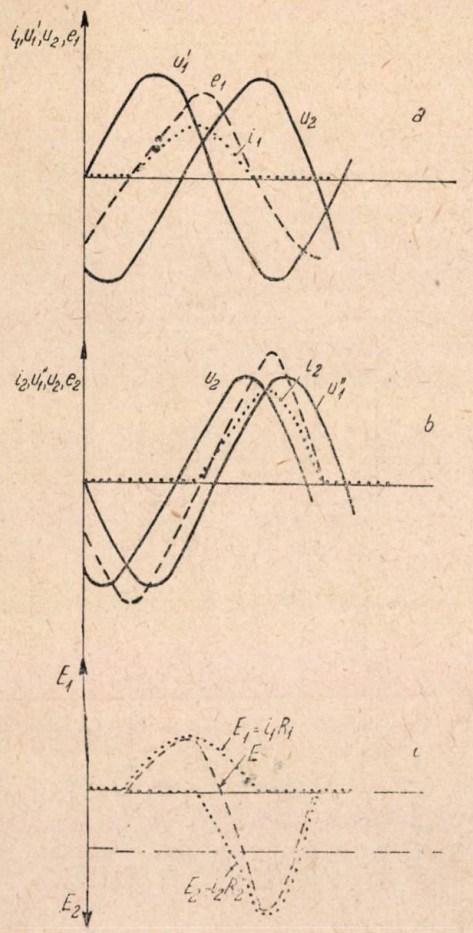


Fig. 25. Diagrama variaţiilor instantanee a tensiuni şi curenţilor în circuitul de detecţie $\psi > 90°$
a) tubul I; *b)* tubul II; *c)* tensiunea şi curenţii catod.

mai sus, ceeace va face ca acul să se oprească în acea poziţie. Aceasta este poziţia de 0 a aparatului receptor.

Dacă instrumentul dela emisie are o anumită deviaţiune de un anume sens, aceasta se va traduce printr'o variaţie de frecvenţă de $f_0 \pm \Delta f$, care va găsi circuitul LC_2 dela recepţie în afară de rezonanţă. Apare o tensiune E_c, care va determina naşterea unui cuplu la aparatele receptoare până ce circuitul este adus din nou la rezonanţă, ceeace va determina o deviaţiune proporţională cu cea dela emisie.

Se vede că dispozitivul este autocompensat. Din când în când trebue ajustată poziţia de 0 prin ajustarea cursorului pe rezistenţa R.

Deobicei, frecvenţa oscilaţiilor se alege între circuitele 30...80 Hz.

Instalaţia se poate grefa pe o instalaţie de curenţi purtători, rezervând o bandă de modulaţie corespunzătoare.

Spre deosebire de telemăsura cu impulsiuni, avantajul este că acest sistem este foarte rapid adică durata între variaţia mărimii la emisie şi variaţia acului dela instrumentul receptor este foarte scurtă $\left(\text{sub } \frac{1}{2} \ldots \frac{1}{5}''\right)$ Are însă dezavantajul unei oarecare complicaţiuni constructive.

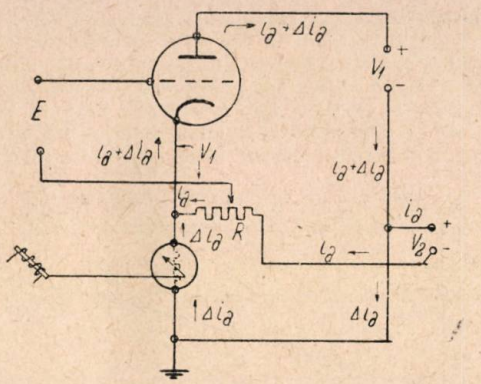


Fig. 26. Etajul final al receptorului de telemăsură

VIII. COMPARAŢIA CRITICĂ A SISTEMELOR DE TELEMĂSURĂ

După examinarea caracteristicilor celor două sisteme utilizate la curenţi purtători se impune a se vedea avantajele şi desavantajele fiecărui sistem în parte. Se vor examina următoarele puncte:

- preciziunea măsurii;
- durata de stabilire;
- modul de transmitere;
- siguranţa în funcţionare.

a) **Preciziunea măsurii**

1. Sistemul cu impulsiuni oferă o preciziune comparabilă cu a aparatelor de măsură industriale, utilizate în mod curent în energetică, adică 1,5...2,5 %. Excepţie face sistemul bazat pe numărul impulsiunilor în scopul de a măsura mărimile integrante. La acest sistem este greu de a se vorbi de o eroare procentuală, ci mai bine de una absolută; într'adevăr, o impulsiune pierdută reprezintă o înregistrare permanentă cu acea cantitate în minus, ceeace înseamnă că eroarea relativă scade cu creşterea mărimii măsurate.

2. Sistemul de frecvenţă variabilă oferă preciziuni de ordinul 1,5...2,5 %.

Ambele sisteme sunt, prin definiţie, compensate adică preciziunea măsurii nu este în linii mari, funcţie de schimbarea condiţiilor de transmisie. Totuşi, comparativ sistemul

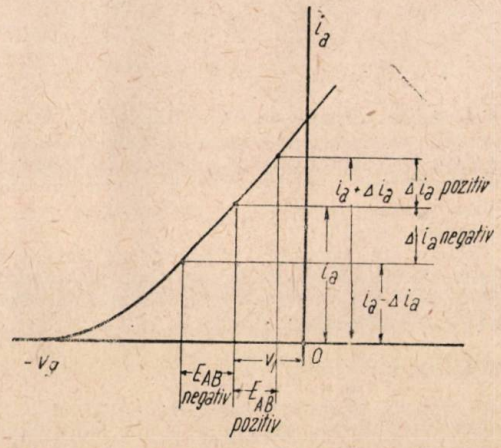


Fig. 27*a*. Caracteristica dinamicii de grilă a tubului final

cu impulsiuni este mult mai puţin influenţat de aceste schimbări posibile, deci practic total compensat, pe când sistemul cu frecvenţă variabilă, cu pluritatea organelor respective şi dependenţa acestor organe de variaţia diverselor elemente de transmisie sau de alimentare este mult mai susceptibil de erori.

b) **Durata de stabilire**

1. In general, sistemele cu impulsiuni sunt bazate pe contori care transformă mărimea aplicată într'un şir de impulsiuni. Din această cauză şi deoarece contorii au un moment de inerţie mare sistemele cu impulsiuni sunt mult mai lente. In fig. 27-b, sunt redate variaţiile organului indicator la o variaţie bruscă a mărimii măsurate. Se observă că frecvenţa impulsiunilor are un rol foarte important în durata de stabilire şi deci interesul este de a se avea o frecvenţă cât mai ridicată. Acest lucru este însă limitat de lăţimea benzii ocupate. O descreştere sensibilă a timpului de stabilire se obţine prin aceea că la zero al scalei nu corespunde frecvenţa 0 a impulsiunilor, ci o frecvenţă bine determinată.

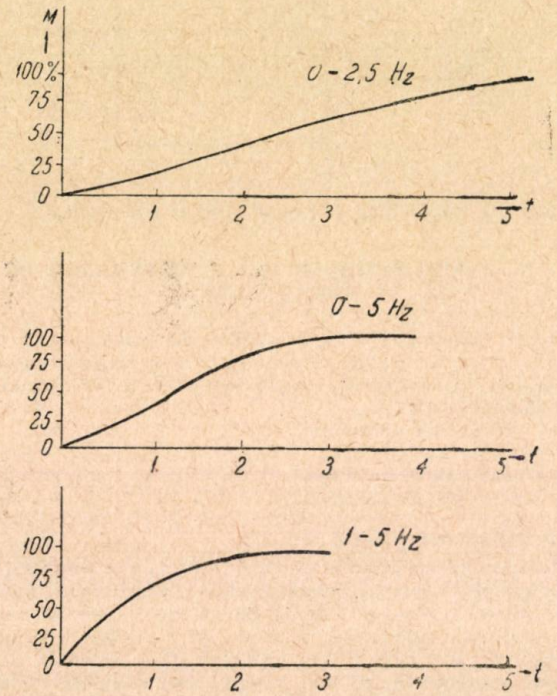


Fig. 27-*b*. Variaţia duratei de stabilire în funcţie de frecvenţa impulsiunilor.

In general, timpul de revenire este de circa :

$$\Delta t = 2 \ldots 3 \text{ s}$$

ceeace înseamnă o constantă de timp globală de :

$$t = 0{,}4 \ldots 0{,}6 \text{ s}$$

La sistemul cu variaţie de frecvenţă, durata de stabilire este sensibil identică cu aceea a aparatelor indicatoare ; trebue ţinut însă seama că aceste aparate au totuşi un moment de inerţie mai mare decât cele obişnuite, din cauză că ele suportă şi bobina mobilă a variometrului sau rotorul conductorului variabil.

La sistemul cu impulsiuni şi măsurarea frecvenţei prin măsurarea intensităţii, constanta de timp globală şi deci, implicit timpul de revenire este sensibil mai mic decât cel al sistemelor tachometrice.

c) **Modul de transmitere**

Aceste sieteme se grefează pe purtătoarea unei instalaţii de curenţi purtători. La sistemul de impulsiuni se întrerupe, în ritmul impulsiunilor, un oscilator de frecvenţă fixă ce modulează purtătoarea. La sistemul cu frecvenţă variabilă, tensiunea de această frecvenţă este aceea ce modulează direct purtătoarea.

La sistemul cu impulsiuni se observă că de fapt avem de a face cu o modulaţie rectangulară de 100 % a frecvenţei de bază a oscilatorului fix. Se vede deci că modulaţia nu se face numai pe frecvenţa oscilatorului, ci pe o bandă limitată de frecvenţele laterale transmise. Cum lăţimea benzii depinde de oscilaţiile de modulaţie, deci de impulsiuni, se observă că o impulsiune rectangulară are o serie de armonici care nu descresc prea repede. Descompunerea în serie Fourier se poate vedea în fig. 28, iar variaţia amplitudinilor în fig. 30. Dacă se renunţă la rigiditatea variaţiilor impulsiunilor, ceeace este permis, în anumite limite, se ajunge la funcţiunea *„în trapez"* reprezentată în fig. 29.

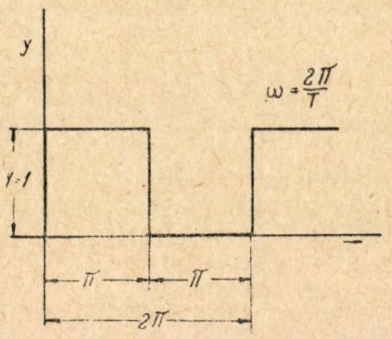


Fig. 28. Descompunerea Fourier la funcţiunea scară.

$$y = \frac{1}{2} + \frac{4}{\pi}\left[\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \ldots + \frac{\sin (2K+1)\,\omega t}{2K+1} + \ldots\right]$$

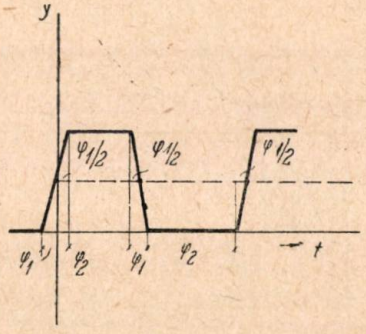


Fig. 29. Descompunerea Fourier la funcţiunea trapez

$$y = \frac{1}{2}(1-\varphi_1) + \frac{4}{\pi}\cdot\frac{2}{\varphi_1}\left[\sin\frac{\varphi_1}{2}\sin\omega t + \frac{1}{3^2}\sin\frac{3\varphi_1}{2}\sin 3\omega t + \ldots + \frac{1}{5^2}\sin\frac{5\varphi_1}{2}\sin 5\omega t \ldots\right]$$

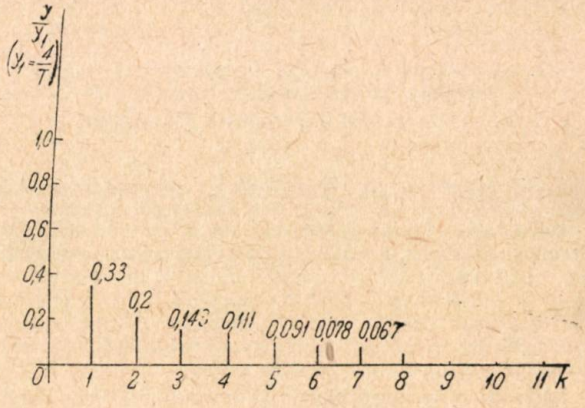


Fig. 30. Variaţia amplitudinilor armonicelor la funcţiunea în scară.

La funcţiunea în trapez, luând

$$\varphi_1 = \frac{1}{10}\,2\pi$$

rezultă că raportul între termenii de ordinul n va fi :

$$\frac{\text{In scară}}{\text{In trapez}} = \frac{\dfrac{\sin (2K+1)\,\omega t}{2K+1}}{\dfrac{2}{\varphi_1}\sin (2K+1)\dfrac{\varphi_1}{2}\sin (2K+1)\,\omega t}{(2K+1)^2}}$$

$$\frac{\text{In scară}}{\text{In trapez}} = \frac{\varphi_1 (2K+1)}{2\sin (2K+1)\dfrac{\varphi_1}{2}}$$

care pentru :

$$\varphi_1 = \frac{1}{10}\,2\pi = \frac{\pi}{5}$$

va da :

$$Q = \frac{\text{In scară}}{\text{In trapez}} = \frac{\dfrac{\pi}{5}\cdot(2K+1)}{2\sin(2K+1)\,0{,}314} = \frac{0{,}314\cdot(2K+1)}{\sin(2K+1)\,0{,}314}$$

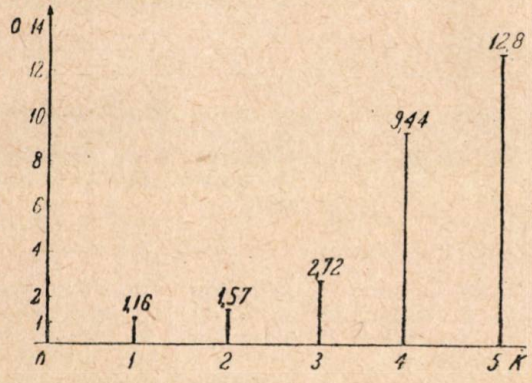


Fig. 31. Raportul (în valoare absolută) al amplitudinilor între funcţiunea scară şi funcţiunea trapez

Din fig. 31, se observă că practic, la funcţiunea în trapez trebue luat $k = 2$, adică se să transmită şi armonica treia.

Prin acest artificiu se poate considera că banda necesară pentru transmiterea de telemăsură cu impulsiuni este :

$$fm + 3\varphi$$

adică

$$\boxed{\delta = 6\,\varphi}$$

Cum frecvenţa fi a impulsiunilor se alege între :

$$\varphi = 5\ldots15 \text{ Hz}$$

rezultă :

$$\delta = 30\ldots90 \text{ Hz.}$$

In general, imperfecţiunea filtrului conduce la :

a) alegerea unei benzi de modulaţie de 50...100 Hz la telemăsuri pe canale subtelefonice ;

b) alegerea unei benzi de modulaţie de 100...200 Hz la telemăsuri pe canale supratelefonice.

Se vede că de aci reese necesitatea modificării formei impulsului ceeace se realizează prin caracteristici de filtru. Trebue remarcat că banda ocupată de sistemul cu impulsiuni este destul de largă în canalul subtelefonic.

La sistemul cu frecvenţă variabilă se consideră lăţimea selectivă de bandă :

$$\gamma = \frac{\Delta f}{fm}$$

în care Δf este variaţia maximă de frecvenţă, corespunzând maximului şi minimului scalei, iar fm este frecvenţa medie. Valoarea γ se alege deobicei :

$$\boxed{\gamma = 15\ldots25\,\%}$$

ceeace înseamnă că : 1) In domeniul frecvenţelor foarte joase, $fm \approx 20$ Hz.

Rezultă : $\delta = \Delta f = \gamma \cdot fm = 0{,}2 \cdot 20 = 4$ Hz.

Cu imperfecţiunea filtrelor :

$$\boxed{\delta \cong 10 \text{ Hz}}$$

La $fm = 100$ Hz

$$\delta = \gamma \cdot fm = 0{,}2 \cdot 100 = 20 \text{ Hz}$$

adică practic :

$$\boxed{\delta = 35\ldots50 \text{ Hz}}$$

ceeace arată o netă superioritate faţă de sistemul cu impulsiuni.

2) In domeniul frecvenţelor supratelefonice $fm \approx 3000$ Hz :

$$\delta = 0{,}2 \cdot 3000 = 600 \text{ Hz}$$

ceeace arată că sistemul cu impulsiuni este superior.

In concluzie, sistemul cu impulsiuni este favorabil la frecvenţe mari de modulaţie şi cel cu frecvenţă variabilă la frecvenţe mici.

O ameliorare substanţială a sistemului de telemăsură cu frecvenţă variabilă la frecvenţe mari de modulaţie, îl constitue sistemul ciclic, care permite utilizarea unui acelaşi canal pentru mai multe (maximum 10) telemăsuri.

Sistemul (asemănător modulaţiei în cod) constă din aceea că este rezervat fiecărei telemăsuri, canalul de telemăsură, numai o fracţiune de timp şi nu în mod continuu. Rezultă că, în mod automat, se comută canalul de modulaţie pe fiecare sistem de telemăsură (fig. 32). Comutaţia se face fie electronic prin tiratroni, fie prin sistem de comutator cu tub Braun (fig. 33), unde comutaţia se face deplasând raza pe un cerc prin dispozitive asemănătoare cu cele utilizate în osciloscopia în coordonate polare şi cu ajutorul ecranelor de construcţie specială. Poziţia identică a celor două comutatoare se obţine prin impulsiuni de sincronizare transmise la sfârşitul perioadei de comutaţie şi care acţionează asupra bazei de timp prin sisteme analoage ca în televiziune.

Durata unui ciclu complect este de circa :

$$f_c \cong 1 \text{ Hz}$$
$$t_c \cong 1 \text{ s}$$

în care socotind pauzele dintre impulsii rezultă că timpul pe fiecare canal în parte este de circa :

$$t_1 = 0{,}05\ldots01\text{s}$$

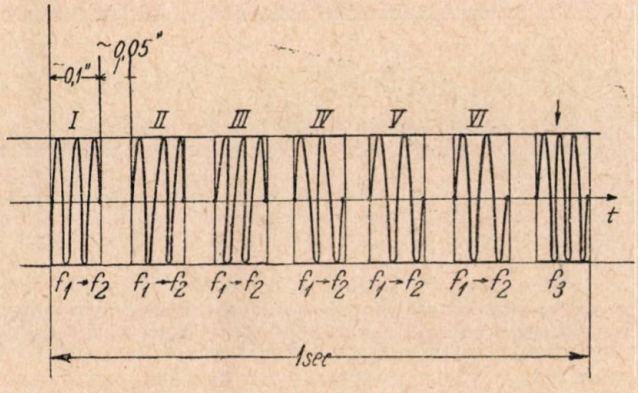


Fig. 32. Diagrama impulsiunilor la o telemăsură ciclică cu variaţie de frecvenţe

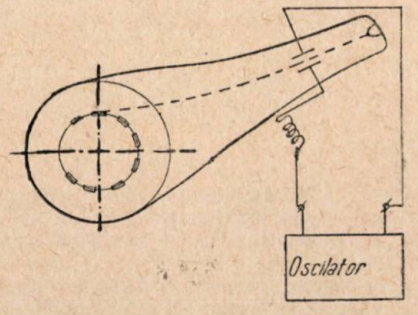


Fig. 33. Comutator electronic cu tub Braun.

Prin această contribuţie, de pildă, a unei comutaţii ciclice de circa 10 trepte pe secundă, se obţin următoarele avantaje :

— Lăţimea de bandă necesară pentru 8...10 canale circuitate ciclic numai circa 1/3 din 8...10 canale de impulsiuni situate unul lângă altul.

— Constanta de timp rezultată pe fiecare canal parţial este, cu toate acestea, la fel de mare.

— Puterea emisă se concentrează momentan pe un canal. Prin aceasta, se îmbunătăţeşte raportul Nivel util/Nivel sgomot şi prin aceasta scade puterea de emisie necesară.

— Sistemul de telemăsură şi filtrele respective se utilizează numai o singură dată şi nu necesită aparataje speciale pentru fiecare canal parţial.

— Comutaţia se face foarte simplu prin metoda electronică.

d) **Gradul de siguranţă**

Orice sistem care este mai simplu este în general mai sigur. Pentru acest motiv, sistemul de impulsiuni este mai robust şi mai sigur în funcţionare decât sistemul cu variaţie de frecvenţă care — prin plinătatea de organe delicate — este mult mai uşor susceptibil de deranjamente. Nu este mai puţin adevărat însă că sistemele mecanice se pot deregla şi ele (la sistemul cu impulsiuni) însă nu în aceeaşi măsură ca la sistemul cu variaţie de frecvenţă.

In concluzie, sistemul cu impulsiuni este mai simplu şi mai robust decât cel cu variaţie de frecvenţă.

In tabela 2, sunt indicate recapitulativ principalele caracteristici ale sistemelor de telemăsură ce se utilizează prin curenţi purtători.

Caracteristicile principale ale telemăsurilor *Tabela 2*

SISTEMUL	Precizia	Durata de stabilire	Modul de transmitere	Siguranţa în funcţionare	OBSERVAŢII
Cu impulsiuni şi număr	Mică $> 2{,}5\%$	Mare circa 3 s.	Canal de lăţime fixă $\approx 50 \ldots 200$ Hz	Foarte bună şi aparataj foarte simplu	Aptă pentru măsuri de mărimi incontinuu crescătoare sau medii şi unde se cere o precizie mediocră. Foarte simplu în realizări.
Cu frecvenţa impulsiunilor	1,5 — 2,5 %	circa 3 s.	Canal de lăţime fixă $\approx 50 \ldots 200$ Hz	Bună şi aparataj relativ simplu	Apte pentru orice mărimi unde nu se cere un timp de stabilire mic. Canal de modulaţie îngust. Simplu în realizare.
Cu variaţie de frecvenţă	1,5 — 2,5 %	mică < 2 s.	Canal de lăţime variabilă $\frac{\Delta f}{fm} \cong 15\%$	Satisfăcătoare şi aparataj complicat şi delicat	Apte pentru orice mărimi unde se cere un timp redus de stabilire. Canal de modulaţie îngust la frecvenţă mică şi lat la cele mari. Delicat la realizare.
Sistemul cu durata impulsiunilor nu este apt pentru curenţi purtători.					

CONCLUZII

Având în vedere caracteristicile principale ale sistemelor de telemăsură menţionate anterior, se pot trage următoarele concluzii :

a) Este bine să se utilizeze pentru orice scop de telemăsură, sistemul cu impulsiuni, care oferă avantajul unei simplicităţi de execuţie şi exploatare (se folosesc contoare şi aparatajele telefonice).

Se consideră că este util să se folosească sistemul bazat pe frecvenţa impulsiunilor, capabil să dea minimum de erori.

Sistemul cu numărul impulsiunilor să nu se utilizeze decât la măsura mărimilor integrante (energie, cantităţi de aburi, de apă, etc.) şi a mărimilor medii (maxigrafe şi printomaxigrafe) unde se cere o precizie mediocră.

b) Este recomandabil să se utilizeze sistemul cu frecvenţă variabilă la transmiterea mărimilor ce trebue cunoscute în foarte scurt timp, adică acolo unde se cere timp redus de stabilire (de pildă mărimile necesare procesului de sincronizare, măsura tensiunilor pe bare etc.).

In orice caz, se recomandă a se folosi, pe cât posibil, canalul subtelefonic pentru sisteme cu frecvenţă variabilă.

Bibliografie

Domanschi : Introducere în automatică şi telemecanică. GEI 1951.

Soloviev : Automatizarea sistemelor energetice. GEI 1951. Industr. Electron. Ref. 1948, etc.

★

ТЕЛЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВОК ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВЯЗИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Резюме

Излагается экономическое значение, условия для телеизмерительной системы, описываются телеизмерительные системы и различные используемые методы. Критически сравниваются различные телеизмерительные системы, что касается: точности измерения, продолжительность замера способ передачи и надежность работы. Изложенное, которое составило объект доклада в Энергетическом Институте Академии РНР, содержит ряд заключений касающихся использования различных телеизмерительных систем.

DETERMINAREA PRIN CALCUL A PUTERII ABSORBITE DE O ÎNTREPRINDERE INDUSTRIALĂ

Ing. T. LASZLO

Se dau 3 metode pentru determinarea puterii de calcul la întreprinderile industriale : metoda coeficientului de cerere al unui grup de consumatori, metoda celor doi coeficienți și metoda consumului specific. Se dau exemple de calcul.

Puterea absorbită de o întreprindere diferă totdeauna de puterea instalată. In cele mai multe cazuri, este o mărime ce variază în cursul unei zile conform unei curbe de sarcină tipică fiecărui fel de întreprindere.

Iată de exemplu, curba de sarcină a unei întreprinderi metalurgice prelucrătoare cu puterea instalată de cca. 3100 kW.

Până la ora începerii lucrului (ora 6.00), puterea absorbită este de cca 50 kW. Dela ora 5.40 când se începe pornirea mașinilor sarcina crește în salturi până la ora 7.10 când puterea absorbită se stabilește în jurul valorii de 700 kW, unde se va menține pe toată perioada de lucru.

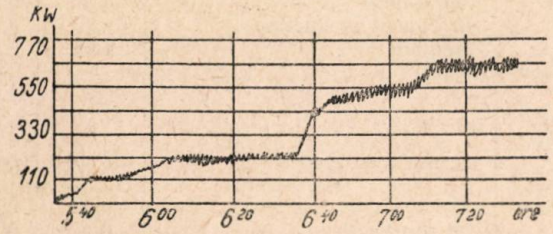


Fig. 1

Se poate observa dela început că raportul dintre puterea absorbită și cea instalată este cu mult sub unitate și anume : $\frac{700}{3100} = 0{,}225$

Scopul principal pentru care vrem să cunoaștem puterea realmente absorbită — este dimensionarea economică a sistemului de alimentare cu energie electrică a întreprinderii sau a atelierului respectiv.

După cum se vede din curba de mai sus, puterea absorbită variază între o putere minimă și o putere maximă. Calculând cu puterea maximă, am obține rezultate acoperitoare — însă uneori neeconomice.

In fig. 2, observăm că există unele vârfuri de sarcină foarte pronunțate însă de foarte scurtă durată.

Aceste vârfuri nu influențează decât în mică măsură încălzirea conductelor deci nu este rațional să ținem seama de ele cu ocazia dimensionării.

Deoarece la majoritatea instalațiilor interioare criteriul principal pentru dimensionare este încălzirea, ne vom baza în calcule pe acea putere care aplicată în mod constant, ar produce aceeași încălzire pe care o produce curba de sarcină efectivă.

Aceastăputere se numește puterea de calcul.

In fig. 3, curba *1* reprezintă curba de sarcină efectivă. Curba *2* reprezintă variația concomitentă a temperaturii conductelor principale. Dreapta *3* reprezintă puterea constantă aplicată care produce încălzirea constantă reprezentată prin dreapta *4* situată în dreptul maximului.

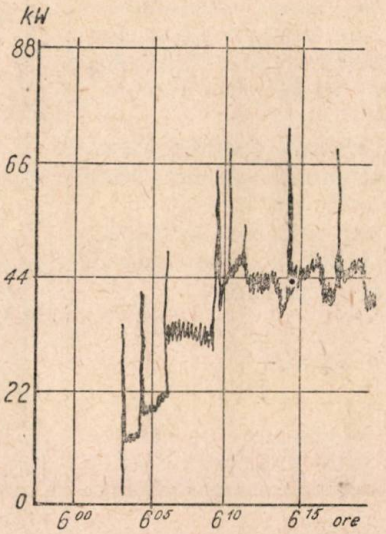


Fig. 2

In general puterea de calcul nu diferă prea mult de puterea maximă.

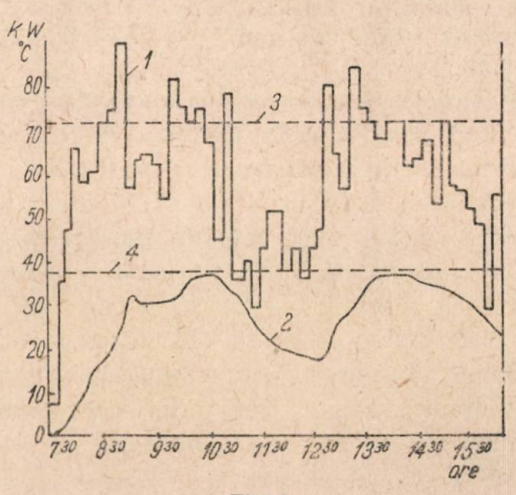


Fig. 3

Acolo unde numărul de motoare este mare și puterea lor individuală e mică, de ex. la

întreprinderile textile, puterea maximă este identică cu puterea medie și cu puterea de calcul.

La atelierele mecanice, cu motoare mai mari și cu sarcini intermitente, puterea de calcul este o valoare intermediară între puterea medie și puterea maximă.

Pentru determinarea puterii de calcul pe baza puterii instalate, institutele sovietice de proiectări utilizează în general 2 metode și anume : mretoda coeficientului de cereie și metoda celor 2 coeficienți.

La întreprinderi care produc produse omogene, puterea de calcul se poate determina cu o a treia metodă și anume pe baza consumului specific de energie electrică.

1) *Metoda coeficientului de cerere al unui grup de consumatori.*

Se numește coeficient de cerere al unui atelier, raportul dintre puterea de calcul (P_c) și puterea instalată (P_i) a atelierului sau a grupului de consumatori :

$$k_c = \frac{P_c}{P_i}$$

Acest coeficient de cerere este cu mult mai mic decât unitatea din următoarele motive :

a) Motoarele unei întreprinderi nu funcționează nici odată toate simultan. Raportul dintre puterea nominală a motoarelor racordate simultan și puterea instalată totală se numește coeficient de simultaneitate și se notează k_s.

b) Majoritatea motoarelor unei întreprinderi nu sunt încărcate la puterea lor nominală. Aceasta se întâmplă pe de o parte din cauză că motoarele sunt în mod normal supradimensionate cu 25—30% față de puterea pe care o cere mașina de lucru, pe de altă parte din cauză că mașinile de lucru nu sunt utilizate în majoritatea timpului la capacitatea lor maximă. Raportul dintre puterea absorbită de motoarele racordate și puterea lor nominală se numește coeficient de încărcare și se notează k_i.

Din cele de mai sus reese că, coeficientul de cerere este direct proporțional cu coeficientul de simultaneitate și coeficientul de încărcare al motoarelor. El este invers proporțional cu randamentul motoarelor (η_m) și al rețelei de distribuție (η_n) :

$$k_c = \frac{k_s \cdot k_i}{\eta_m \, \eta_n}$$

In general în industrie, coeficienții de cerere variază în limite nu prea largi în jurul unor valori medii caracteristice fiecărei categorii de consumatori (vezi tabela Nr. 1).

Exemplu de calcul (a) :

La o întreprindere metalurgică sunt instalate următoarele aparate consumatoare (vezi tab. 2).

Tabela 1

Coeficienți de cerere și factorii de putere caracteristici unor grupe consumatoare

Nr. crt.	Denumirea grupei	Utilizarea	k_c	cos φ
1	Antrenarea individuală a mașinilor	Ateliere de prelucrare la cald a metalelor; producție pe bandă, în serie mare	0,27	0,65
2	„ . . .	Ateliere de prelucrare la rece, producție pe bandă, în serie mare	0,2	0,65
3	„ . . .	Ateliere de prelucrare la rece, serie mică	0,18	0,65
4	Ventilatoare	In scopuri productive	0,7	0,8
5	„	Sanitare	0,65	0,8
6	Pompe, motor-generator transmisii		0,7	0,8
7	Receptoare cu regim de lucru de scurtă durată, repetat	Macarale de atelier	0,15—0,2	0,5
8	Mecanisme de transport continuu		0,5	0,75
9	Cuptoare	Cu rezistență	0,8	0,95
10	„	Cu inducție în joasă frecvență	0,8	0,35
11	„	Cu inducție în înaltă frecvență	0,8	0,1
12	„	de topire	0,9	0,87
13	Mașini și aparate de sudură	Transformatori de sudură	0,35	0,35
14	„	Motor generator cu un post	0,35	0,6
15	„	Idem cu mai multe posturi și încălzire	0,5—0,9	0,65
16	„	de nituri	0,8	1,0

Tabela 2

Consumatorii	kW/buc.	buc.	kW
Motoare pentru antrenarea mașinilor unelte . .	0,25—0,5	300	30
	0,3 —1,1	1137	683
	1,5 —4	421	1322
	5,5 —15	69	473
	22 —80	5	246
Cuptoare electrice. . . .	6 —25	8	138
Aparate de sudură electrică.	1 —6	40	190
Putere instalată totală .	—	—	3082 kW

Puterea de calcul se calculează separat pentru fiecare categorie de consumatori.

Tabela 3

Consumatorii	P_i	K_c	P_c
Motoare pentru antrenarea mașinilor unelte . .	2754	0,2	550
Cuptoare electrice . . .	138	0,8	110
Aparate de sudură electrică	190	0,25	66,5
Puterea de calcul, total .			726,5 kW

Observăm că în figura 1 este reprezentată curba de variație a sarcinei la această întreprindere.

Puterea de calcul determinată prin această metodă diferă față de puterea maximă cu cca +4% ceeace se explică prin faptul că s'a admis o supraapreciere.

2) *Metoda celor 2 coeficienți.* Unul din cele mai dese fenomene, care au loc la atelierele de metalurgie prelucrătoare, este pornirea și oprirea repetată a motoarelor. Cu ocazia pornirii, motoarele provoacă șocuri de curent a căror durată depinde de condițiile de pornire.

In cazul unui număr mare de motoare mici, nu se resimte în rețeaua de alimentare efectul pornirilor repetate — deoarece pe de o parte valoarea curentului de pornire a unui motor este foarte mică față de curentul total, pe de altă parte durata acestui curent este atât de mică (0,5 — 1 sec.) încât nu contribue la încălzirea conductorilor.

Dacă însă avem de a face cu motoare mari, pornirile repetate au influență simțitoare asupra încălzirii conductorilor deoarece curenții de pornire pot avea valori comparabile cu întreaga sarcină normală a atelierului, iar durata lor poate fi de ordinul 40 — 50 secunde.

Determinând puterea de calcul numai pe baza puterii instalate nu putem ține cont de fenomenul descris mai sus. In acest fel ajungem să avem aceeași putere de calcul pentru 2 ateliere mecanice cu aceeași putere instalată, deși la primul atelier puterea efectiv absorbită va fi mai mică din cauză că are numai motoare mici, iar la al doilea atelier având 3 — 4 motoare mari cu pornire grea, puterea efectiv absorbită va fi mai mare decât cea calculată.

Metoda celor doi coeficienți, elaborată de inginerul sovietic Livșiț are ca scop soluționarea acestei probleme.

Puterea de calcul se determină din 2 termeni. Primul termen derivă din puterea totală instalată — în ipoteza că mașinile merg normal — iar al doilea termen ține cont de pornirile motoarelor mari (deobicei 3 — 5 motoare):

$$P_c = bP_i + cP_i \quad 3 \text{ sau } 5 \qquad (2)$$

unde bP_i = puterea de calcul care ar avea loc în cazul mersului neîntrerupt.

cP_i 3 sau 5 = surplusul de putere absorbită din cauza pornirilor grele ale celor 3 — 5 motoare mari.

Coeficienții b și c, caracteristici diverselor categorii de mașini, sunt arătați în tabela 4.

Tabela 4

Denumirea grupei de consumatori		Coeficienții formulei cu 2 termeni				Factorul de putere de calcul
		pentru putere		pentru curent		
		c	b	c_1	b_1	
Ateliere de prelucrare la cald a metalelor, producție pe bandă rulantă și în serie mare		0,5	0 26	0,17	0,61	0,65
Ateliere de prelucrare la rece a metalelor, producție pe bandă rulantă și în serie mare		0,5	0,14	1,5	0,42	0,5
Ateliere de prelucrare la rece a metalelor, producție individuală și în serie mică		0,4	0,14	1,2	1,42	0,5
Ventilatoare (pentru producție sau pentru scopuri igienice) pompe, motor-generatori transmisii		0,25	0,65	0,48	1,24	0,8
Mecanisme de transport continuu și mecanisme de prelucrarea pământului în ateliere de turnătorie		0,4	0,4	0,81	0,81	0,75
Macarale electrice	In ateliere de montaj, de sudură, mecanice, etc.	0,2	0,06	0,6	0,18	0,5
	Ateliere de turnătorie	0,3	0,09	0,9	0,27	0,5
	Cuptoare Martin	0,3	0,11	0,9	0,33	0,5
	Laminoare	0,3	0,18	0,9	0,35	0,5

Observație: coeficienții c și b sunt dați pentru tensiunea 380 V curent trifazat 50 Hz.

pentru 500 V se înmulțesc cu 0,76

pentru 220 V se înmulțesc cu 1,73 iar pentru curent continuu trebue înmulțit cu $\frac{1000}{U}$

Exemplu de calcul (*b*):

Considerăm aceeași întreprindere metalurgică ca și în exemplul de calcul (*a*). Observăm că avem 5 motoare mari (între 22 — 80 kW) cu o putere instalată totală de 264 kW. Aceasta va forma al doilea termen din formula (2).

Tabela 5

Consumatorii	P_i	b	c	k_c	P_c
Motoare pentru antrenarea mașinilor unelte	2754	0,14	—	—	386
Puterea instalată în ccle 5 motoare mari	246	—	0,5	—	123
Cuptoare electrice	138	—	—	0,8	110
Aparate de sudură	190	—	—	0,35	66,5
Total kW					685

Comparând cu figura 1 observăm că puterea de calcul este cu cca 4% mai mică decât puterea de vârf.

In exemplul (*a*) puterea de calcul a fost cu 4% mai mare decât puterea maximă măsurată. Ținând cont de faptul că puterea maximă din curba de sarcină (fig. 4) se atinge prin vârfuri

de scurtă durată se vede că metoda cu 2 termeni dă o putere de calcul mai aproape de realitate decât metoda cu un coeficient.

3) *Metoda consumului specific.*

La o întreprindere care fabrică produse omogene (de exemplu ciment, postav, zahăr, etc.) consumul anual de energie electrică se poate determina pe baza producției anuale de mărfuri (pe unitatea de produs /an) și cu ajutorul cifrei de consum specific de energie electrică W_s (kWh) pe unitate de produs:

$$W = W_s \cdot p$$

Cunoscând numărul orelor de lucru efectiv pe an, putem determina puterea medie anuală:

$$P_{ma} = \frac{W}{T_{ma}}$$

Pe noi ne interesează însă puterea de calcul, care se poate determina dacă o vom aproxima la valoarea puterii maxime, împărțind consumul anual de energie cu orele de utilizare a puterii maxime anuale (T_u).:

$$P_c = \frac{W}{T_u}$$

In tabelele 6 și 7 sunt date cifrele de consum specific și duratele de utilizare a puterilor maxime pe diversele ramuri industriale.

Exemplu de calcul (c)

Se va determina puterea absorbită de o fabrică de hârtie a cărei producție anuală este 5000 tone hârtie.

Din tabela 6 obținem consum specific: 800 kWh/tona.

Energia anuală consumată reiese:

$$W = 800 \times 5000 = 4000000 \text{ kWh/an}$$

Consumurile specifice de energie electrică pentru diverse produse *Tabela 6*

1. *Industria textilă*	
Filaturi	40 kW/t
Țesături	50—80 kWh/10^2 bătături
Finisaj	130—320 kWh/t
Vopsitorii	235 kWh/t
2. *Industria metalelor neferoase*	
Aluminiu	18—20. 10^2 kWh/t
Cupru nerafinat	1000 kWh/h
Rafinarea cuprului	450 kWh/t
3. *Industria oțelului*	
Oțel carbon	600—1000 kWh/t
4. *Industria hârtiei*	
Hârtie	400—800 kWh/t
Carton sur	100 kWh/t
5. *Industria chimică*	
Acid sulfuric	70—120 kWh/t
Amoniac	300—2300 kWh/t
Carbid	4000—3500 kWh/t

Din tabela Nr. 7 obținem durata de utilizare a puterii maxime: $T_u = 5500$ ore/an

de aci:

$$P = \frac{4000}{5{,}500} = 726 \text{ kW}$$

Tabela 7

Orele de utilizare anuală a puterii, maxime la diferite industrii (T_u)

Nr. crt.	Denumirea industriei	T_u/h/an
1	Metalurgie	6500
2	Industrie chimică	5500
3	Industrie minieră	5000
4	Construcții mașini	4000
5	Industria hârtiei	5000
6	Industria alimentară	5000
7	Industria poligrafică	3000
8	Industria textilă	4500
9	Industria încălțămintei	3000
10	Industria prelucrării lemnului	2500

S'au dat mai sus 3 metode pentru determinarea puterii de calcul la întreprinderile industriale. Fiecare metodă este specifică unui anumit domeniu industrial unde se poate aplica cu preferință; desigur că sunt domenii în care se pot aplica chiar două metode.

Toate 3 metodele ne permit să determinăm puterea activă absorbită. Pentru a putea determina puterea reactivă vom înmulți puterile active cu tg φ (conform cos φ dat în aceleași tabele).

Exemplu de calcul (d):

Luăm din nou întreprinderea metalurgică a cărei putere de calcul am determinat-o prin exemplul (*b*) ca fiind 685 kW. (vezi tabela 8)

Tabela 8

Consumatorii	P_c kW	cos φ	tg φ	Q_c kVA
Motoare pentru antrenarea mașinilor unelte	509	0,65	1,15	585
	110	0,95	0,325	360
Cuptoare electrice (cu rezistență)	66,5	0,35	2,6	173
Aparate electrice de sudură (transformatori)	= =			
Puterea reactivă totală				1118
Puterea aparentă totală (*S*) $\sqrt{1118/2 \cdot 685/2} = 1320$ kVA				
Factor de putere mediu		0,52		

Menționăm că luând ca bază factorul de putere am fi putut calcula puterea aparentă cerută de fiecare grup de consumatori în parte. Nu s'a procedat însă în acest fel deoarece puterea aparentă totală avută de întreprindere nu este egală cu suma algebrică a puterilor aparente pe grupe de consumatori, factorii de putere fiind diferiți dela grup la grup.

★

РАССЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Резюме

Даются три метода определения рассчетной мощности промышленных предприятий: метод коэфициента спроса группы потребителей, метод двух коэфициентов и метод удельного потребления. Даются рассчетные примеры.

DIMENSIONAREA CONDUCTELOR DE CONDENSAT LA INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE CU ABUR DE INALTĂ PRESIUNE

Conf. Ing G. ROSENBERG

Se examinează dimensionarea conductelor de condensat pentru rețelele de înaltă presiune în cazul condensatului răcit și a celui supraîncălzit. Se dau exemple de calcul, folosindu-se formule sovietice.

A. GENERALITĂȚI

La dimensionarea conductelor de condensat pentru rețele de abur de înaltă presiune se disting două cazuri :

Cazul 1. Când condensatul are la intrarea în conductă o temperatură sub 100°C — cazul condensat „răcit" :

In acest caz condensatul se strânge de obicei într'un rezervor intermediar în clădirea respectivă, de unde este trimis spre centrala termică pe două căi :

a) cu ajutorul pompelor, dacă rezervorul intermediar este așezat în pivnițe ;

b) prin gravitate, dacă rezervorul intermediar este așezat mai sus decât rezervorul de alimentare din centrala termică.

In cazul transportului condensatului cu o temperatură sub 100°C, toată secțiunea conductei este umplută cu apă și dimensionarea conductelor de condensat se face după formulele sau tabelele folosite în mod obișnuit pentru dimensionarea rețelelor de apă precum și după nomograma din fig. 1.

La transportul apei cu pompe, conductele de condensat se dimensionează pentru o viteză a apei de 0,2...2,0 m/s.

La alegerea vitezei apei, trebue să se țină seama că vitezele prea mici favorizează depunerea nămolului în țevi, iar vitezele prea mari provoacă lovituri de berbec precum și o uzură timpurie a conductelor.

După determinarea diametrelor pe baza vitezelor admise, se calculează rezistențele în conducte și puterea necesară a pompei.

La un calcul aproximativ al conductelor pentru transportul condensatului cu pompa se recomandă a calcula o rezistență totală medie în conductă de R = 10 mm col. apă/m.

La *scurgerea liberă* a apei, în urma diferenței de nivel între rezervorul intermediar și rezervorul de alimentare, trebue determinată presiunea dispobinilă care servește ca bază pentru dimensionarea conductelor. Această presiune este egală cu distanța verticală între cele 2 puncte extreme ale conductei, adică între punctul de intrare și cel de eșire a condensatului.

Cazul 2. Când condensatul intră în conductă cu o temperatură de peste 100°C.

In acest caz apa este supraîncălzită, având o temperatură corespunzătoare presiunii existente în locul de eșire a apei din aparatul de condensat, iar transportul apei se face de obicei cu ajutorul presiunii restante a aburului după aparatul de condensat.

Presiunea disponibilă la eșirea din aparatul de condensat se calculează în raport cu presiunea aburului la intrarea în aparatul încălzitor, conform următoarei formule :

$$P_3 = P_2 - \Delta p \text{ kg/cm}^2, \quad \text{în care}$$

P_3 = presiunea la eșirea din aparatul de condensat,

P_2 = presiunea la eșirea din aparatul încălzitor, respectiv la intrare în aparatul de condensat = ηP_1,

P_1 = presiunea aburului la intrarea în aparatul încălzitor,

η = un coeficient în funcție de locul de evacuare a condensatului, de pildă : $\eta = 0{,}7$ în cazul evacuării condensatului, format într'un aparat schimbător de căldură (aparat de contracurent, aparat aeroterm, etc.) ; $\eta = 0{,}95$ la drenarea conductelor de abur pe traseu, la întrerupere de pantă etc.,

Δp = pierdere de presiune în aparatul de condensat, la debitul maximal. In mod normal Δp reprezintă cca. 25 % din presiunea aburului la eșirea din aparatul încălzitor, adică $\Delta p = 0{,}25\ P_2$.

B. DIMENSIONAREA CONDUCTELOR PENTRU CONDENSATUL CU O TEMPERATURĂ SUB 100°C (CONDENSAT RĂCIT)

Pentru dimensionarea conductelor de condensat Prof. Sifrinson din Moscova propune următoarele formule, care dau posibilitatea de a calcula diametrul d, debitul G și pierderea de presiune în conducte p :

1) $$d = \sqrt[5{,}25]{\frac{70{,}9 \cdot K^{0{,}25} \cdot G^2 \cdot L}{p \cdot \gamma}} \text{ (mm)}$$

2) $$G = \sqrt{\frac{p \cdot d^{5{,}25}}{70{,}9 \cdot K^{0{,}25} \cdot L}}\ \gamma \text{ (kg/h)}$$

3) $$p = \frac{70{,}9 \cdot K^{0{,}25} \cdot G^2 L}{\gamma d^{5{,}25}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

în care : K = coeficientul de rugozitate a pereților conductelor. La conductele înnecate,

când condensatul umple toată secțiunea conductei oprind pătrunderea aerului în conductă, coeficientul $K = 0{,}2$. Dacă condensatul ocupă numai o parte a secțiunii, $K = 0{,}5$.

Aceasta trebue înțeles în felul următor: când aerul nu poate intra în conductă, peretele conductei ruginește mai puțin și coeficientul de rugozitate este mai redus; în cazul când condensatul nu ocupă toată secțiunea conductei aerul intră în conductă în spațiul rămas liber și ruginirea peretelui se accelerează. In acest caz coeficientul de rugozitate crește dela 0,2 la 0,5.

In formulele de mai sus:

γ este greutatea specifică a apei (kg/dm³) și

L este lungimea totală „de calcul" a conductei = $l+l_e$ (m), unde l reprezintă lungimea reală a conductei, iar l_e = lungimea echivalentă, care înlocuește în calcul rezistențele respective, individuale.

Pe baza acestor formule, s'a întocmit, pentru simplificarea calculelor, o nomogramă (fig. 1),

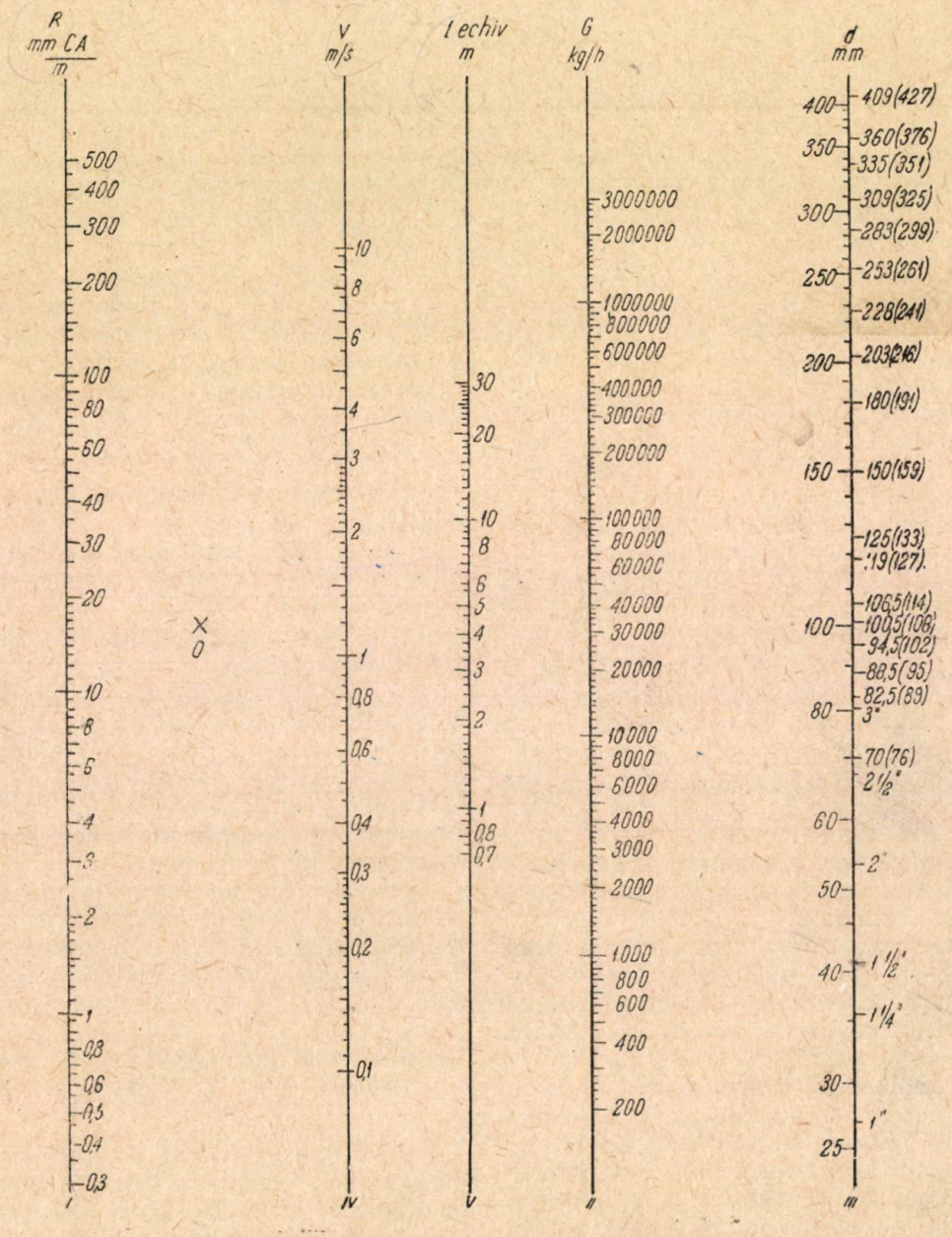


Fig. 1

valabilă pentru condensatul cu o temperatură sub 100°C și pentru coeficientul de rugozitate $K = 0{,}2$.

Nomograma conține 4 coloane gradate:

I. — Rezistențele de frecare R în mm col. apă/m.

II. — Debitul de apă G în kg

III. — Diametrul interior al conductei d în mm

IV. — Viteza apei în conductă v în m/s.

Nomograma este astfel alăcutită, încât o linie trasă prin 2 puncte cunoscute depe 2

coloane respective, marchează pe celelalte 2 coloane valorile căutate.

Coloana V și punctul O de reper, însemnat prin X, servesc la recalcularea rezistențelor individuale în lungimi echivalente (l_e) de conducte.

In cazul când dimensionarea conductelor trebue efectuată pe baza coeficientului de rugozitate $K = 0,5$, valorile nomogramei trebuesc recalculate în felul următor :

1) pentru calculul diametrului
$$d_5 = 1,045\ d_2$$
2) pentru calculul debitului
$$G_5 = 0,89\ G_2$$
3) pentru pierderile de presiune
$$p_5 = 1,26\ p_2$$

Observație : indexul 5 indică coeficientul de rugozitate $K = 0,5$ iar indexul 2 indică coeficientul $K = 0,2$.

C. DIMENSIONAREA CONDUCTELOR PENTRU CONDENSATUL CU O TEMPERATURĂ DE PESTE 100°C

Nomograma (fig. 1) este valabilă, cum s'a indicat, numai pentru transportul condensatului răcit cu o temperatură sub 100°C. La instalațiuni industriale de încălzire, presiunea aburului variază între 2,0...6,0 ata, iar condensatul este supraîncălzit, aflându-se într'un spațiu cu o presiune mai mare decât presiunea atmosferică.

La trecerea apei prin conductele de condensat până la scurgerea în rezervorul deschis din centrala termică, presiunea scade până la presiunea atmosferică. In urma scăderii de presiune, o parte a apei se evaporează.

Cantitatea apei evaporate (a) este cu atât mai mare cu cât este mai mare presiunea inițială a aburului ; ea se calculează după următoarea formulă :

$$a = \frac{i_1 - i_2}{\gamma_2} = \frac{t_1 - t_2}{\gamma_2} \text{ kg/kg}$$

în care :

a = cantitatea apei evaporate ;

i_1 și t_1 = entalpia și temperatura apei la eșire din aparatul încălzitor ;

i_2 și t_2 = entalpia și temperatura apei la presiune atmosferică ;

γ_2 = căldura de evaporare la presiunea atmosferică = 958,38 kcal/kg.

In urma evaporării parțiale a condensatului se formează în conductă un amestec de apă și abur, o emulsie care are un volum specific mult mai mare decât apa ; diametrul conductei pentru transportul amestecului trebue deci să fie și el mai mare decât cel pentru transportul apei.

Greutatea specifică a amestecului se calculează conform următoarei formule :

$$\gamma_{am} = \frac{1}{(1-a)\,v_a + a v_b} \text{ kg/m}^3$$

în care : a = cantitatea apei evaporate, calculată conform formulei precedente ;

v_a = volumul specific al apei = 0,001 m³/kg ;

v_b = volumul specific al aburului = 1,725 m³/kg (la presiunea atmosferică).

In consecință, toate valorile care se obțin din nomogramă (fig. 1) și care au fost determinate pe baza greutății specifice a apei, trebuesc recalculate pentru greutatea specifică a amestecului apă-abur, în raport cu cantitatea apei evaporate.

Recalcularea valorilor nomogramei se face conform următoarelor formule :

Diametrul $d_{am}/d_a = (\gamma_a/\gamma_{am})^{0,19}$

Debitul $G_{am}/G_a = (\gamma_a/\gamma_{am})^{-0,5}$

Pierderea de presiune $p_{am}/p_a = (\gamma_a/\gamma_{am})$.

Aci însemnează :

d_{am}, G_{am}, p_{am} — diametrul, debitul și pierderea de presiune la transportul amestecului ;

d_a, G_a, p_a, — diametrul, debitul și pierderea de presiune la transportul de condensat răcit.

Pentru ușurarea calculului poate servi tabela 1, care conține, pentru diferitele presiuni ale aburului la ieșirea din aparatul condensator (P_3 ata), următoarele valori :

a = cantitatea apei evaporate, kg/kg,

γ_{am} = greutatea specifică a amestecului kg/m³ ;

γ_a/γ_{am} = raportul între greutatea specifică a apei și cea a amestecului ;

Tabela 1

1	P_3 în ata	1,05	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
2	a în kg/kg	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
3	γ_{am} în kg/m³	28,30	19,00	14,30	10,4	9,61	8,20	7,20	6,45
4	γ_a/γ_{am} . .	33,80	50,40	67	92	99,8	116,9	133	148
5	d_{am}/d_a . .	1,95	2,10	2,22	2,36	2,40	2,45	2,53	2,58

$dam/da = (\gamma_a/\gamma_{am})^{0,19}$ = raportul între diametrul conductei pentru transportul amestecului și diametrul conductei pentru condensat răcit, obținut din nomogramă (fig. 1).

Raportul $d_{am}\,d_a$ se poate obține și din diagrama fig. 2) care conține pe abscisă presiunile aburului P_3 ata, iar în ordonată-raportul $d_{am}\,d_a$.

D. EXEMPLE DE CALCUL

Exemplul 1. Să se calculeze pierderea totală de presiune într'o conductă de 200 m lungime și 41 mm ∅ la un debit de 2000 kg/h ; rezistențele individuale $\Sigma\xi = 10$.

a) Cu ajutorul nomogramei (fig. 1) se determină lungimea echivalentă (l_e) a rezistențelor individuale :

Se trage o linie, care leagă punctul de reper (X) cu diametrul (41 mm) pe coloana III. Linia aceasta taie coloana V în punctul 1,4. Aceasta însemnează că unui coeficient al rezistenței individuale $\Sigma\xi = 1,0$ îi corespunde o lun-

gime echivalentă $l_e = 1{,}4$ m. Sumei $\Sigma\xi = 10$ corespunde deci o lungime totală echivalentă $l_1 = 1{,}4 \cdot 10 = 14$ m.

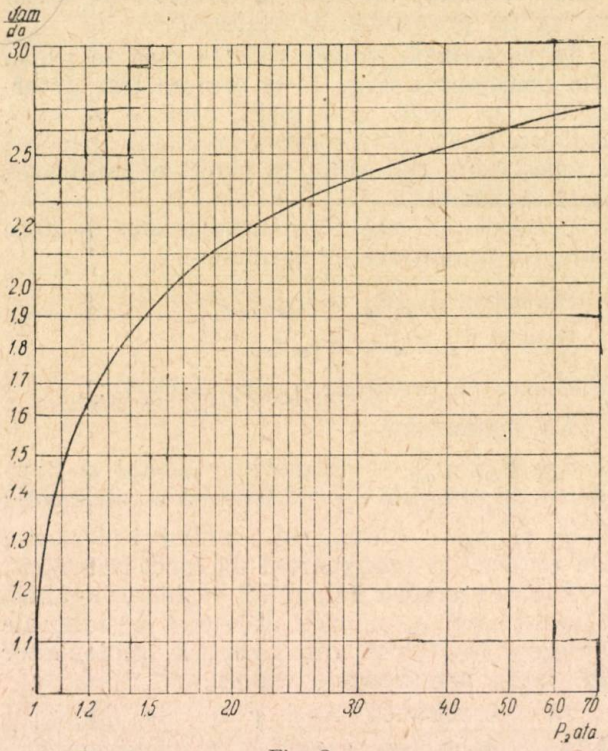


Fig. 2

Lungimea totală de „calcul" a conductei $L = l + l_e = 200 + 14 = 214$ m.

b) Se determină rezistența unitară de frecare, ce corespunde diametrului conductei de 41 mm. și debitului de apă de 2000 kg/h :

Pentru aceasta se trage o linie care unește punctul 41 depe coloana III cu punctul 2000 pe coloana II. In prelungirea ei această linie marchează pe coloana I rezistența $R = 7{,}5$ mm cal. apă/m.

Pierderea totală de presiune în conductă este deci $h = 214 \times 7{,}5 = 1605$ mm col. apă

Exemplul 2. Să se determine debitul conductei de 35,75 mm ∅ cu o lungime de 240 m, cu $\Sigma\xi = 7{,}5$. Scurgerea apei este liberă, prin gravitate. Panta conductei 4 mm/m.

a) Presiunea disponibilă a înălțimei piezometrice $= 240 \times 4 = 960$ mm col. apă

b) Lungimea echivalentă se determină în felul următor : o linie trasă din punctul de reper (X) la punctul 35,75 depe coloana III, marchează pe coloana V $l_c = 1{,}2$ m. Lungi mea totală de calcul a conductei va fi :

$L = 240 + 7{,}5 \times 1{,}2 = 249$ m.

Presiunea unitară disponibilă

$R = 960 : 249 = 3{,}9$ mm col. apă

c) Pentru determinarea debitului se trage o linie care unește punctul 35,75 depe coloana III cu punctul 3,9 pe coloana I.

Pe coloana II se marchează debitul conductei

$G = 1050$ *kg/h.*

Exemplul 3. Să se calculeze diametrul conductei cu o lungime de 680 m, pentru un debit de 5000 kg/h, având o presiune totală disponibilă de 2,1 kg/cm²; totalul rezistențelor individuale $\Sigma\xi = 20$, iar coeficientul de rugozitate să fie $K = 0{,}5$.

a) Se admite în mod provizoriu o lungime echivalentă $l^0 = 20$ m pentru rezistențele individuale, iar pierderea unitară de rezistență se va calcula egală $R = \frac{21.000}{(680+20)} = 30$ mm CA/m.

b) Cu ajutorul nomogramei se determină, la un debit de 5000 kg/h și cu $R = 30$ mm, diametrul conductei $d = 45$ mm.

Observație : Se verifică lungimea echivalentă pentru rezistențele individuale, corespunzătoare diametrului 45 mm :

$l_e = 20 \times 1{,}75 = 35$ m.

Lungimea totală „de calcul" $L = 680 + 35 = 715$ m.

Pierderile unitare (specifice) de presiune :

$$R' = \frac{21.000}{715} = 29{,}3 \text{ mm col. apă/m.}$$

Ținând seama de diferența neînsemnată rezultată din calcul, se păstrează diametrul determinat inițial de 45 mm.

c) Se recalculează diametrul conductei pentru coeficientul de rugozitate $K = 0{,}5$:

$d = 45 \times 1{,}045 = 47$ mm.

Exemplu 4. Să se recalculeze diametrul conductei, rezultat din exemplul 3 cu condiția să iasă condensatul din aparatul de condensat sub presiunea 2,1 at = 3,1 ata.

In exemplul 3 s'a socotit că apa intră în conducta de condensat cu o temperatură sub 100°C, iar condensatul se scurge prin conducta dela un rezervor intermediar, care se găsește la 2,1. m deasupra rezervorului de alimentare din centrala termică.

Diametrul conductei s'a calculat atunci la 47 mm.

In cazul când apa se găsește sub presiunea de 2,1 at. la intrare în conducta de condensat, temperatura ei este de cca 134°C.

La scăderea presiunii dela 3,1 ata la presiunea atmosferică (1 ata) se evaporează cca 0,065 kg/kg de apă (conform tabelei 1). Greutatea specifică a amestecului va fi

$$\gamma_{am} = \frac{1}{(1-0{,}065).0{,}001 + 0{,}065 . 1{,}725} = 8{,}84 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_a/\gamma_{am} = \frac{958}{8{,}84} = 108$$

$$d_{am}/d_a = \gamma_a/\gamma_{am})^{0{,}19} = 108^{0{,}19} = 2{,}44$$

Observație : Toate valorile de mai sus pot fi obținute din tabela 1,prin interpolare. Raportul d_{am}/d_a poate fi obținut și direct din diagrama 2.

Diametrul necesar pentru transportul amestecului la presiunea inițială de 3,1 ata va fi, deci :

$d_{am} = 47 \times 2{,}44 = 113$ mm.

Exemplu 5. Să se calculeze diametrele conductelor de condensat pentru același debit de apă din exemplul 4, însă la presiunile P_3 ale aburului de 1,1 și 5,5 ata.

Conform diagramei (fig. 2) presiunilor de 1,1 și 5,5 ata corespunde raportul $d_a/d_{am} = 1{,}46$, respectiv 2,63 ; diametrul conductei va fi la presiunea aburului de 1,1 ata :

$$d\,(1{,}1) = 47 \times 1{,}45 = 70 \text{ mm}$$

iar la presiunea aburului de 5,5 ata :

$$d\,(5{,}5) = 47 \times 2{,}63 = 125 \text{ mm}.$$

Bibliografie

A. Dalin : Strângerea și transportul condensatului, Gosenergoizdat, 1949.

N. Telerevnikoc : Încălzirea și ventilația în uzine, Stroiizdat, 1950.

A. Iakadin : Condensatul în întreprinderile industriale, Gosenergoizdat, 1952.

★

РАССЧЕТ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПАРОВЫХ УСТАНОВОК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Резюме

Рассматривается рассчет конденсатопроводов сетей высокого давления для случая охлажденного и перегретого конденсата. Даются примеры рассчета, используя советские формулы.

DIN EXPERIENȚA U. R. S. S

METODELE SOVIETICE DE PROTECȚIE A GENERATORILOR

Ing. MANFRED STEIN

In acest articol sunt trecute în revistă principiile generale, caracteristicile principale ale metodelor de protecție a generatorilor, folosite în U.R.S.S. precum și unele principii de calcul ale acestei protecții. Se examinează defectele ce pot apare în generatori precum și câteva din sistemele de protecție utilizate în URSS împotriva defectelor descrise.

In această perioadă de mărire necontenită și rapidă a puterii instalate în țara noastră, fie prin amenajarea a noi centrale electrice, fie prin extinderea centralelor existente cu noi grupuri electrogene, apar atât în proiectare cât și în celelalte ramuri de activitate legate de electrificare, probleme care se cer a fi clarificate. Una din aceste probleme este aceea a protecției prin relee în general, și a protecției generatorilor în special.

Utilajul și echipamentul pe care îl primim din U.R.S.S. face necesară cunoașterea cât mai temeinică a principiilor tehnicei sovietice în toate problemele, pentru a putea proiecta, exploata și întreține instalațiile echipate cu utilaj sovietic.

In cele ce urmează, se va trece, pe scurt, în revistă caracteristicele principale ale protecției sovietice a generatorilor și unele din principiile de calcul ale acestei protecții.

Defectele ce pot apărea în generatorii centralelor electrice se pot clasifica în modul următor :

a) Scurtcircuite polifazate,
b) Puneri la pământ în stator,
c) Puneri la pământ în rotor,
d) Suprasarcini,
e) Supratensiuni.

Scurtcircuitul polifazat

Dacă notăm cu α numărul de spire scurtcircuitate (socotind dela punctul neutru spre borne) și cu E_f tensiunea pe fază, obținem relația :

$$E_\alpha = \alpha E_f \; (E_f \text{ tens la } \alpha = 1).$$

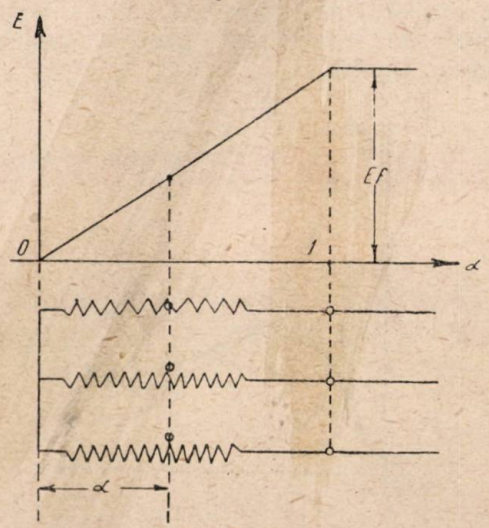


Fig. 1

Reprezentarea grafică a acestei relații este dată în fig. 1.

Pentru determinarea reactanței înfășurării generatorului, se pleacă dela presupunerea că reactanța totală X_t se compune din două părți : reactanța proprie X' determinată de fluxul Φ' care se închide în jurul spirelor și reactanța X'' determinată de fluxul Φ'', care se închide prin toate spirele.

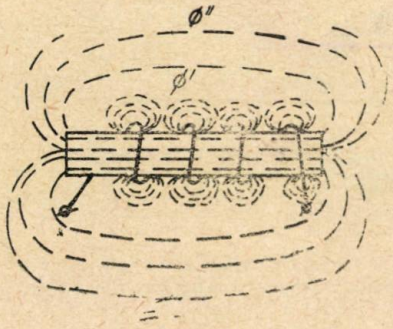


Fig. 2

Astfel, reactanța totală este $X_t = X' + X''$. Deoarece fluxul Φ' se închide numai în jurul spirei respective, se poate scrie :

$$X'_\alpha = \alpha X'$$

Variația reactanței X'' nu mai este liniară și se determină prin relația

$$X''_\alpha = \alpha^2 X''$$

deci $X_\alpha = \alpha X' + \alpha^2 X''$.

Pentru cele trei componente simetrice, relațiile de mai sus rămân valabile și se scriu sub forma :

$$X_1\alpha = \alpha X'_1 + \alpha^2 X''_1$$

$$X_2\alpha = \alpha X'_2 + \alpha^2 X''_2$$

$$\alpha_0\alpha = \alpha X'_0 + \alpha^2 X''_0$$

Cu ajutorul acestor relații se pot determina curenții de scurt-circuit pentru majoritatea defectelor posibile.

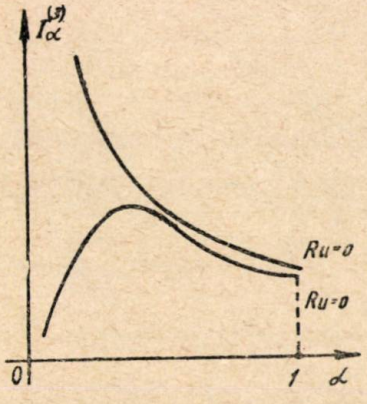


Fig. 3

Dacă notăm $R_\alpha = \alpha R$, (unde R este rezistența ohmică a înfășurării), curentul de scurt-circuit se determină din următoarea relație :

$$I_{\alpha\ trif} \cong \frac{\alpha E_f}{\sqrt{(R_n + \alpha R)^2 + \alpha'' X_t^2}} \approx$$

$$\approx \frac{E_f}{\sqrt{\left(\frac{R_n}{\alpha} + R\right)^2 + \alpha^2 X_t^2}}$$

unde R_n este rezistența arcului ce se formează la locul de scurt circuit. Variația curentului de scurt-circuit trifazic funcție de α este dat în figura 3.

Puneri la pământ monofazice, în stator

In general, rețelele care funcționează la tensiunea generatorilor, funcționează cu un curent mic de punere la pământ. Pentru a determina curentul de punere la pământ funcție de α, putem scrie următoarele relații :

Știm dela punctul precedent că $U_\alpha = \alpha U_f$.

$$I_\alpha = \frac{U_\alpha}{Z_0} = \frac{\alpha U_f}{Z_0}; \qquad Z_0 = \frac{I}{3\,\omega\,C_0},$$

deci $I_\alpha = 3\,\alpha\,\omega\,C_0\,U_f$

Din relația de mai sus se vede că, curentul de punere la pământ monofazic este și el direct proporțional cu numărul de spire α.

In cazul unei puneri la pământ chiar în punctul neutru al generatorului curentul este nul și devine cel mai periculos în cazul unei puneri la pământ chiar la bornele sale.

De acest lucru va trebui să se țină seama la alegerea protecției împotriva unor astfel de defecte.

In tehnica sovietică se consideră că o protecție de 100% din bobinajul generatorului nu este necesară deoarece : 1) duce la instalații ancombrante și scumpe ; 2) curenții de punere la pământ în apropierea neutrului generatorului sunt mici și până la o anumită limită nepericuloși pentru fierul statorului.

Curentul limită, de durată, de punere la pământ, care încă nu trebue să fie sezisat de protecție, este acela care nu permite menținerea unui arc.

Normele sovietice prevăd în acest sens că protecția contra punerilor la pământ monofazice, în stator, este necesară în unele instalații, în care curentul monofazic de punere la pământ este egal sau mai mare de 5 A. Protecția va acționa, în acest caz prin declanșare.

Se recomandă deasemenea ca începând cu curenți de punere la pământ de 2...3 A să se prevadă protecția selectivă acționând prin semnalizare.

Supraintensitățile

Supraintensitățile se datoresc în mare parte suprasarcinilor și scurtcircuitelor exterioare zonei de protecție. In general supraintensitățile nu trebue să conducă la declanșarea întreruptorului mașinii. Totuși supraintensități de durată relativ lungă, conduc la încălzirea înfă-

șurărilor mașinii, și deci la îmbătrânirea izolației înainte de vreme.

Protecția contra supraintensităților acționează asupra sistemului de semnalizare.

Mai periculoase sunt supraintensitățile datorite scurtcircuitelor bifazice, în afara zonei de protecție. Prezența în acest caz a componentei inverse de curent dă naștere unui câmp învârtitor care se rotește în raport cu rotorul cu viteza 2 ω și care conduce la încălzirea acestuia prin curenți induși în el. Uzinele constructoare sovietice consideră ca admisibil un curent invers $I_2 = 0{,}05\ I_{n\,gen}$.

Ridicarea tensiunii

Ridicarea tensiunii generatorului peste cea nominală se întâlnește mai ales la generatorii acționați de turbine de apă în cazul dispariției brusce a sarcinei lor în timpul procesului tranzitoriu al reglajului. Ridicările de tensiuni ating în acest caz valori considerabile și deaceea normele sovietice prevăd protecția de maximă tensiune la hidrogeneratori. Tensiunea de demaraj a acestei protecții este

$$U_d \approx 1{,}5\ U_n$$

și temporizarea respectivă este de 0,5 s.

In prezent se studiază în U.R.S.S. posibilitatea de a produce declanșarea în aceste cazuri și de a face ca protecția să acționeze asupra dispozitivului de stingere a câmpului, pe care îl vom numi pe scurt DSC.

Vom căuta acum să trecem în revistă pe scurt câteva din sistemele de protecție sovietice contra defectelor mai sus enumerate.

Protecția maximală de intensitate

Protecția maximală poate servi ca protecție de bază sau ca protecție de rezervă.

Această protecție se poate folosi ca protecție de bază numai în acele cazuri când montarea protecției diferențiale este imposibilă de exemplu, datorită faptului că generatorul nu are toate 6 bornele scoase pe capac.

In general însă, protecția maximală servește ca protecție de rezervă pentru protecția diferențială și ca protecție pentru acele părți din circuitul generatorului care nu sunt protejate prin protecția diferențială (de exemplu bornele întrerupătorului, defecte în afara zonei de protecție și neselectate datorită unor defecțiuni a protecției sau a întreruptorilor din aval).

Se menționează că în cazul mai sus arătat când protecția maximală servește ca protecție de bază, ea nu va fi temporizată ci va fi însoțită de a doua protecție maximală temporizată pentru rezervă și contra defectelor exterioare zonei de protecție.

In fig. 4 se vede o schemă de protecție maximală simplă. Se observă că reductorii de intensitate sunt montați în spre partea de nul a generatorilor pentru a acoperi întreg bobinajul generatorului.

Parametrii de bază ai acestei protecții sunt: curentul de demaraj i_{dem} și timpul t de acționare.

Bineînțeles că $i_{dem} > i_{nom}$ (unde prin i se înseamnă curentul secundar în reductorii de intensitate).

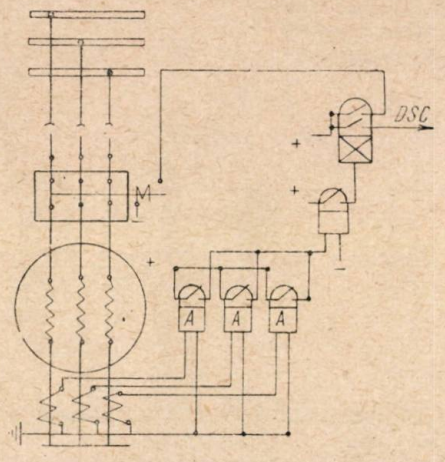


Fig. 4

Deobicei curentul de demaraj se calculează cu ajutorul relației

$$i_{dem} = \frac{k_s}{k_r}\, i_{nom},$$

unde k_s este coeficientul de siguranță iar k_r este coeficientul de revenire al releelor de protecție.

Introducând valorile numerice respective, se obține: ($k_s = 1{,}2 \ldots 1{,}3$ $k_r = 0{,}8 \ldots 0{,}9$):

$$i_{dem} = (1{,}3 \ldots 1{,}4)\ i_{nom}$$

Timpul de acționare t este funcție de timpul de funcționare al protecțiilor din aval, față de care acesta va fi superior. El se alege cu Δt (deobicei 0,7 s) mai mare decât timpul de acționare cel mai mare dela protecțiile din aval.

Această protecție este cea mai simplă posibilă și în aceasta constă avantajul ei principal. Dezavantajele pe care însă le are fac ca în U.R.S.S. să se folosească ca protecție pentru generatori o protecție maximală mai complexă, despre care se va vorbi mai jos; aceste dezavantaje sunt următoarele:

In cazul funcționării generatorului cu excitație redusă protecția poate să nu acționeze în caz de scurt-circuit. Deasemenea, acestă protecție, cu reglajul de curent respectiv poate să declanșeze generatorul în cazul unei suprasarcini de scurtă durată, ceeace în mod normal nu trebue să se întâmple.

Protecția maximală cu blocaj de minimă tensiune

La această protecție, (fig. 5) releele de minimă tensiune vor împiedeca funcționarea protecției în cazul suprasarcinilor. Curentul de demaraj se calculează ca și în cazul precedent. In alegerea tensiunei de demaraj a releului de minimă

tensiune, se va ține cont de faptul că scurtcircuitul poate să aibă loc după o impedanță concentrată și deci tensiunea remanentă poate să aibă o valoare mare. Deoarece se caută a se

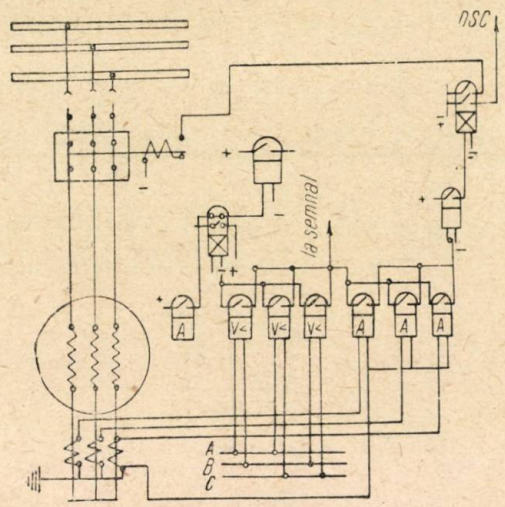


Fig. 5

ridica cât mai sus tensiunea de demaraj a acestui releu, calculul se face după formula

$$u_{dem} = \frac{1}{k_s\, k_r}\, U_{funct.\ min.}$$

în care k_s și k_r sunt coeficientul de siguranță, respectiv factorul de revenire al releul de minimă tensiune iar $U_{funct.\ min.}$ este tensiunea de funcționare minimă la care nu trebue încă să funcționeze protecția.

Introducând coeficienții respectivi ($k_s \sim 1{,}2$ $k_r \simeq 1{,}1$)

$$u_{dem} \approx 0{,}9 \ldots 0{,}95\ U_{nom\ gen}$$

In cazul unui deranjament în circuitele de tensiuni protecția acționează asupra unui semnal. Bineînțeles că și această protecție are o zonă moartă de curent și de tensiune. Protecția mai este prevăzută deasemenea cu un releu maximal reglat deobicei la $1{,}05 \ldots 1{,}1\ i_{nom}$, care protejează mașina contra suprasarcinilor. Releul intermediar este necesar pentru a nu ține releul de timp sub tensiune. Această măsură este necesară numai în cazul folosirii unui releu de timp nestabil din punct de vedere termic. Releul de timp, este necesar pentru a evita funcționarea semnalului în cazul suprasarcinilor de scurtă durată.

Se reamintește că această protecție nu poate servi ca protecție de bază, ci numai ca rezervă protecției diferențiale.

Protecția diferențială

Protecția diferențială servește ca protecție de bază generatorilor. Exemplul unei protecții diferențiale sovietice este redat în fig. 6.

Releele folosite sunt relee maximale instantanee de tip ET-561 și sunt racordate la reductorii de intensitate prin autotransformatori cu saturație rapidă (tip VTN-561).

Reductorii de intensitate deoparte și de cealaltă a generatorului trebue să fie identici și trebue verificați ca, la curentul maxim de scurtcircuit, eroarea lor să nu depășească 10% la sarcina respectivă. Verificarea se face cu ajutorul unor curbe care reprezintă eroarea reductorilor funcție de sarcina lor și de raportul între I_{nom} și $I_{sc\ max}$.

Chiar la protecția diferențială a generatorilor și în cazul reductorilor de intensitate identici având același coeficient de transformare intervin totuși curenți de desechilibru în caz de scurt-circuit. Acești curenți se datoresc unor mici diferențe de construcție a reductorilor și sunt periculoși căci pot produce declanșarea generatorului în caz de scurt-circuit în afara zonei de protecție când curenții prin reductori cresc la valoarea curenților de scurt-circuit și curenții de desechilibru ating valorile maxime.

Intr'adevăr, cu toate că reductorii de intensitate sunt identici, prin releul diferențial va circula totuși un curent de deschilibru

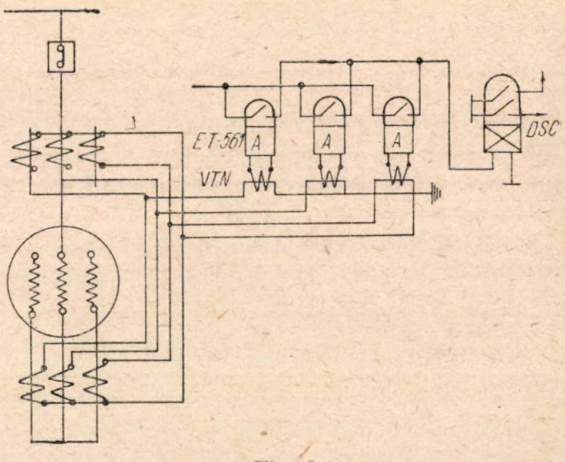


Fig. 6

$$i_{desech.} = i_{m1} - i_{m2}$$

unde

i_{m1} — curent magnetiz. al reductorilor 1

i_{m_2} = curent magnetiz. al reductorilor 2 (vezi figura 7).

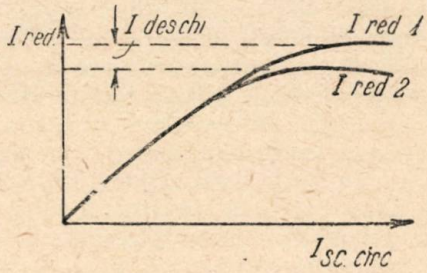


Fig. 7

Curentul de desechilibru este maxim în primele perioade ale scurt-circuitului, datorită componentei aperiodice a acestuia.

Pentru a înlătura acești curenți de desechilibru, se folosesc transformatori cu saturație rapidă tip VTN, care transformă prost componenta aperiodică a curentului de scurt-circuit și deci reduc aproape la zero curenții de dezechilibru în caz de scurt-circuit exterior. Transformatorii VTN prezintă posibilitatea schimbării numărului de spire în înfășurări, ceeace este necesar în cazul existenței unor diferențe în curenții secundari ai reduc-

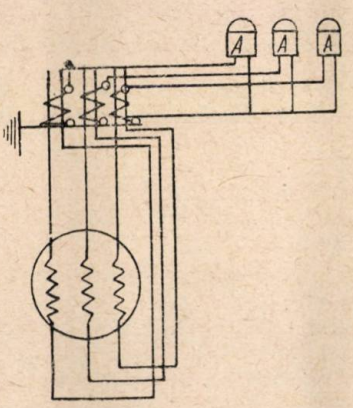


Fig. 8

torilor, chiar în regim normal de funcționare (de exemplu în cazul unor rapoarte de transformare neidentice sau în cazul protecției blocului generator, transformator). In acest din urmă caz este greu a găsi printre reductorii de intensitate standardizați, reductori cari să aibă curentul primar egal cu curentul nominal al transformatorului pe înfășurarea respectivă. Diferența maximă între curenții secundari ai reductorilor montați, pe o parte și pe cealaltă a transformatorului pe care o poate anula transformatorul VTN este 2,5 A. In cazul când diferența între curenți este mai mare trebuesc folosiți transformatori de egalizare de tipul sovietic VV—25.

Curentul de demaraj al protecției se calculează din următoarea relație :

$$I_{dem} = k_s \cdot k_i \frac{e}{100} I_{sc\ max \cdot ext \cdot} = 0{,}1\ k_s\, k_i\, I_{sc\ max \cdot ext \cdot}$$

unde k_s — coeficientul de siguranță

k_i — coeficientul de „identitate" al reductorilor.

e — eroarea procentuală (egală cu 10%).

Considerând $k_s = 1{,}4$

$k_i = 0{,}5$

se poate calcula curentul de demaraj I_{dem} al protecției care în mod practic este cuprins între limitele

$$I_{dem} \cong (0{,}5 \ldots 0{,}6)\ I_{nom\ gen \cdot}$$

Pentru înlăturarea complectă a curenților de desechilibru s'a propus și schema din figura 8 în care se face comparația fluxurilor curenților primari. Se pare însă că există încă o serie de probleme de rezolvat în legătură cu această protecție cum ar fi aceea a transformatorilor de intensitate respectivi, legătura la borne, etc.

Această protecție este în curs de studiu și nu și-a găsit încă o aplicare în practică.

Se menționează că atât protecția maximală de rezervă cât și protecția diferențială trebue să acționeze asupra declanșării atât a întrerupătorului principal al generatorului cât și asupra DSC, iar în cazul existenței unei instalații de stingere vor trebui să producă funcționarea ei. In această privință însă trebue să se procedeze cu multă precauțiune, deoarece în cazul unei protecții prost reglate, se poate introduce — de exemplu — apă în generatori.

Protecția contra punerilor la pământ monofazice în stator

Aici vom deosebi două sisteme de protecție.

a) Protecția contra punerilor la pământ funcționând pe principiul creerii unui curent activ de punere la pământ ;

b) Protecția punerilor la pământ cu ajutorul curenților capacitivi ai rețelei la tensiunea generatorului. (In amândouă cazurile este vorba de generatori debitând la tensiunea generatorilor și nu racordați la bare prin sistemul bloc generator-transformator).

Literatura sovietică și ultimele norme prescriu folosirea celui de al doilea sistem ; totuși, această protecție fiind în curs de experimentare și definitivare, multe instituții de proiectare din U.R.S.S. mai indică protecția dela punctul a).

Vom trece pe scurt în revistă ambele aceste sisteme.

Sistemul de protecție prin crearea unui curent activ de punere la pământ

Există mai multe sisteme pentru crearea unui curent activ de punere la pământ.

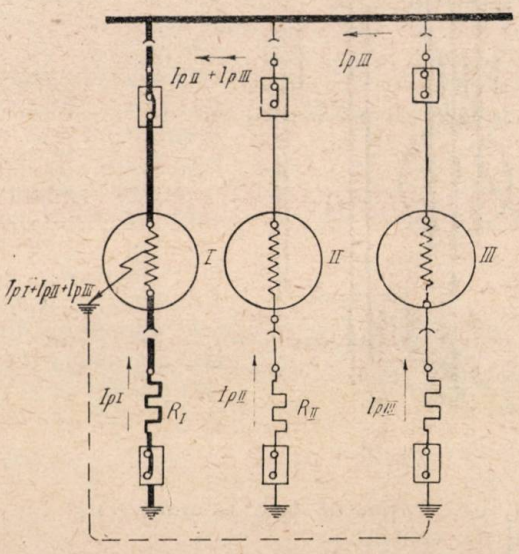


Fig. 9

Unul din acestea este acel al punerii la pământ a nulului generatorului printr'o rezistență ohmică, așa cum se vede în figura 9.

Din figură se vede că în regim normal, în cazul inexistenței armonicelor superioare nu va circula prin rezistențe niciun curent. In cazul unei puneri la pământ într'unul din generatorii ce funcționează în paralel, în punctul *a* de exemplu, depărtat de punctul neutru, astfel că numărul de spire dela nul până la punctul defectului să fie α, prin locul defectului va circula un curent I_p.

Neglijând curentul capacitiv $I_p = I_{pI} + I_{pII} + I_{pIII}$

Dacă considerăm că rezistența ohmică a înfășurării este mică în raport cu reactanța ei, și o neglijăm în calcul, vom obține următoarele relații :

$$I_{pI} = \frac{\alpha U_f}{R_I}$$

$$I_{pII} = \frac{U_f - (1-\alpha) U_f}{R_{II}} = \frac{\alpha U_f}{R_{II}}$$

$$I_{pIII} = \frac{U_f - (1-\alpha) U_f}{R_{III}} = \frac{\alpha U_f}{R_{III}}$$

Dacă $R_I = R_{II} = R_{III}$, cei trei curenți vor fi egali.

In general, acesta este principiul adoptat pentru crearea curentului de punere la pământ activ.

Folosind protecția diferențială în cazul schemei de mai sus, putem obține o protecție selectivă contra punerilor de pământ monofazice. Această protecție nu este satisfăcătoare din cauza redusei sale sensibilități. Pentru mărirea sensibilității protecției se folosește aproape în toate cazurile o protecție diferențială combinată cu un releu direcțional homopolar așa cum este arătat în fig. 10.

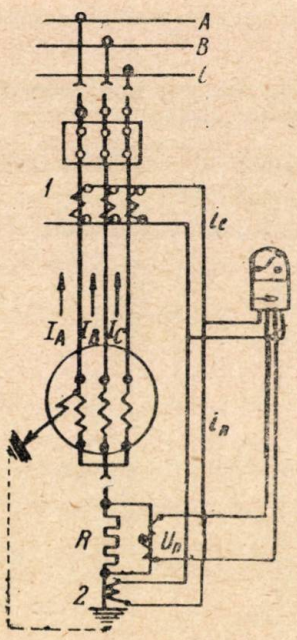


Fig. 10

Releul diferențial este racordat după principiul diferențial la reductorii 1 și 2. Bobina sa de tensiune este racordată la un transformator de tensiune legat la bornele rezistenței ohmice.

$$U_r = \frac{U}{n_t} = \frac{I_p R}{n_t}$$

n_t este raportul de transformare a reductorului de tensiune ;

$$i_{releu} = i_n - i_e$$

In regim normal, $i_{releu} = i_{des}$.

In cerc, $i_{des.}$ = curentul de desechilibru ; $i_n = o$

Prin releu trece deci numai curentul de desechilibru. In regim normal, $P_{releu} = U_r \cdot i_r \cdot \cos \varphi_r = 0$, deci protecția nu funcționează.

Trebue menționat că în cazul unor scurtcircuite exterioare, curentul de desechilibru poate să ajungă la valori periculoase și deaceea protecția contra punerilor la pământ se blochează în cazul funcționării protecției maximale.

Să considerăm acum cazul unei puneri la pământ în zona de protecție.

$$I_p = \frac{\alpha\%}{100} \frac{U_f}{R} = \frac{\alpha\%}{100} I_{p\,max} .$$

I_p este în fază cu tensiunea U_A deasemenea el este în fază cu tensiunea U_r (figura 11).

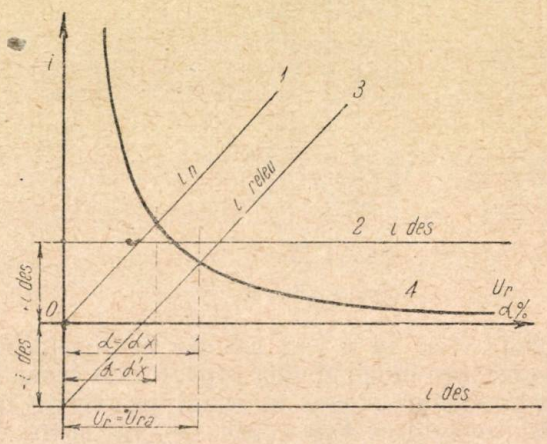


Fig. 11

$$i_n = \frac{\alpha\%}{100} \cdot \frac{I_{p\,max}}{n_c} = \frac{\alpha\%}{100} i_{n\,max}.$$

(n_c — raportul de transformare a reductorului 2)

$$U \sim U_r = \frac{\alpha\%}{100} \frac{U_f}{n_t} = \frac{\alpha\%}{100} U_{r\,max}$$

unde $U_{r\,max} = \frac{U_f}{n_t}$

$$\alpha\% = \frac{u_r}{u_{r\,max}} \text{ de aici } i_n = i_{n\,max} \frac{U_r}{U_{r\,max}}$$

In cazul unui scurt circuit în zona de protecție $i_{releu} = i_n - i_{desechil.}$

(curentul de desechilibru se ia în sensul cel mai desavantajos pentru protecție, în cazul acesta cu semnul minus).

Curentul de desechilibru nu depinde de α și U_r (vezi mai sus).

In diagrama din figura 11, el poate fi reprezentat sub forma unei drepte paralelă cu axa absciselor.

Pentru ca protecția să demareze în caz de defect, trebue să fie îndeplinită condiția

$$i_{releu} = i_u - i_{des} \geq i_{demaraj}$$

Dacă considerăm puterea de demaraj a releului cunoscută și egală cu P_{dem} independentă de U_r putem scrie că

$$i_{demaraj} = \frac{P_{demaraj}}{U_r}$$

relația de mai sus este ecuația unei hiperbole echilaterale.

Punctul de intersecție al dreptei 3 cu curba 4 reprezintă limita de sensibilitate a releului indicând și procentul spirelor protejate α_X. Dacă $u_r < u_{ra}$ protecția nu va funcționa, deci numărul de spire neprotejate este determinat și din relația

$$\alpha_X\% = \frac{U_{ra}}{U_r} \cdot 100$$

Este evident că în caz de scurt-circuit exterior protecția nu va funcționa deoarece prin releul direcțional nu circulă niciun curent, cu excepția celui de desechilibru, față de care protecția trebue desensibilizată.

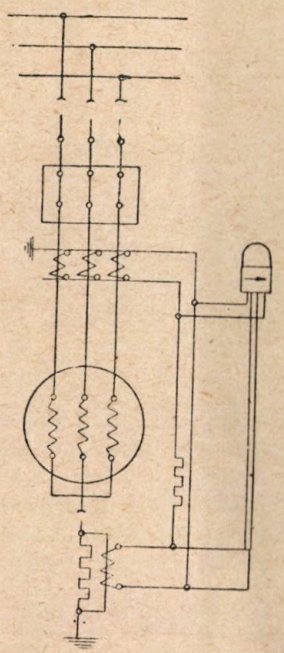


Fig. 12

O altă variantă de schemă se vede în figura 12, deasemenea larg utilizată și care nu mai prevede reductori de intensitate pe nulul generatorului.

Rezistența r se dimensionează astfel încât curentul i_n să fie corespunzător celui din schema din figura 10.

$$r \approx \frac{U_{r\,max}}{i_{n\,max}}$$

Principiul de funcționare al protecției rămâne identic cu cel expus.

Bineînțeles că mai există și alte variante de protecție de acest fel, a căror expunere amănunțită nu-și are rostul aci. Deasemenea, schemele din figurile 10 și 11 mai au o serie de detalii suplimentare, cum ar fi acela al măririi sensibilității protecției în cazul funcționării generatorului în gol sau acela al blocării în cazul funcționării protecției maximale a generatorilor. Toate aceste detalii, cât și un model de calcul exact al acestei protecții pot să facă obiectul unui articol separat.

De remarcat este că în schemele sovietice ale acestei protecții, pentru centralele în construcție, se prevăd întrerupători pe nulul generatorului. Aceasta se explică, dacă ne gândim că în rețelele la tensiunea generatorilor, se ajunge deobicei la curenți mari capacitivi și că DSC ar putea să funcționeze insuficient de repede, pentru a produce reducerea curentului de punere la pământ la o valoare nepericuloasă pentru fierul statorului.

Sistemul de protecție fără curent activ de punere la pământ

In cazul acestei protecții se folosesc numai curenții capacitivi ai rețelei respective. Conform prescripțiilor sovietice, protecția trebue prevăzută a produce declanșarea în cazul unor curenți de 5 A și mai mari. Datorită curentului mic primar care intră în calculul protecției, apar probleme destul de grele în ce privește asigurarea funcționării selective a acestei protecții. Există mai multe soluții în această privință și aici se vor indica două din ele.

a) *Schema simplă* (*figura 13*). Principiul de funcționare este următorul:

Demarajul de protecție se face prin releul $U>$. In cazul unei puneri la pământ datorită apariției componentei homopolare de tensiune funcționează releul $U>$, care deșuntează releul A și care comunică plusul releului A și bobinei releului de timp ($t = 1_{sec}$). Acesta din urmă blochează protecția prin releul intermediar 3. Dacă punerea la pământ s'a produs în zona de protecție, releul A a avut timp să lucreze. In caz contrar protecția este blocată pentru tot timpul existenței tensiunii U_0. Blocajul este necesar pentru a nu expune protecția curenților la desechilibru în tot timpul existenței tensiunii U_0.

In cazul scurt-circuitelor polifazate exterioare zonei de protecție combinate cu punere la pământ, releul intermediar 3 primind plusul dela protecția maximală șuntează releul A și întrerupe curentul operativ, împiedicând astfel funcționarea greșită a protecției.

Dacă scurt-circuitul în rețea a fost lichidat, dar rămâne punerea la pământ, deci releul $U>$ rămâne excitat, protecția rămâne blocată prin releul 3, a cărui înfășurare rămâne alimentată prin contactele releului $U>$.

Această protecție e recomandată a fi folosită numai cu reductori de intensitate homopolari de construcție specială. Menționăm că într'una

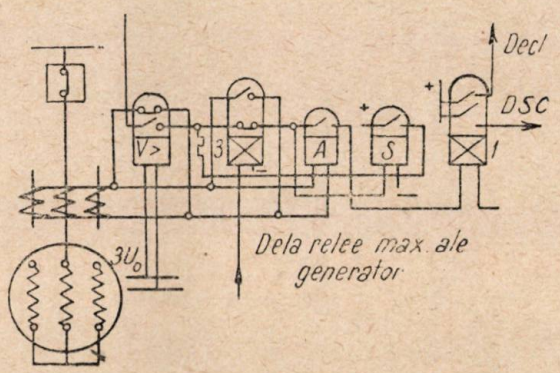


Fig. 13

din centralele noastre, a fost prevăzută o astfel de protecție spre experimentare. Protecția este sensibilă începând cu un curent de 10 A. Rezistența r trebue astfel dimensionată încât să nu permită funcționarea releului intermediar în cazul închiderii contactului releului $U>$, însă pe de altă parte trebue să permită trecerea unui curent suficient pentru menținerea în stare excitată a releului intermediar

(curent bineînțeles mai mic decât curentul de funcționare a acestui releu).

b) *Schema cu amplificatori magnetici.* Această protecție se bazează pe principiul marii sensibilități cu ajutorul amplificării curentului de excitație a releului prin amplificatori magnetici.

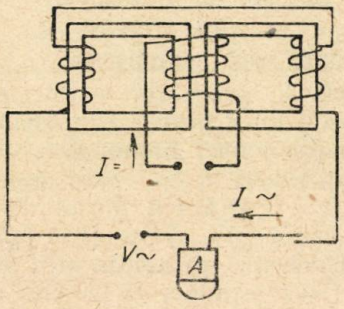


Fig. 14

Amplificatorii magnetici lucrează pe principiul însușirii materialelor feromagnetice de a-și schimba permeabilitatea pentru curentul alternativ, în cazul magnetizării lor printr'un curent continuu (figura 14).

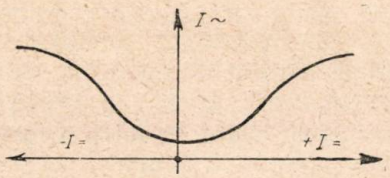


Fig. 15

Caracteristica unui astfel de amplificator este redată în figura 15.

Schema protecției este aceea din figura 16.

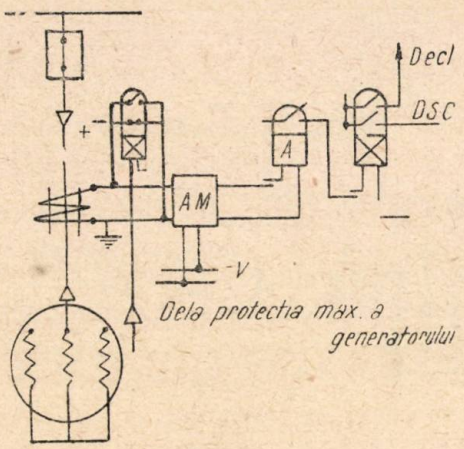


Fig. 16

Amplificatorul magnetic este alimentat dela reductorul de intensitate printr'un redresor. Această protecție este mai sensibilă decât cea precedentă.

In proiectarea sau amenajarea protecțiilor contra punerilor la pământ monofazice statorice, se va ține totdeauna seama ca reductorii de intensitate folosiți, să fie de tip Ferranti, fie de construcție specială pentru montajul în filtru, de componență homopolară, pentru a se reduce curenții de desechilibru, mărindu-se astfel sensibilitatea protecției.

Dispozitivul de stingere automată a câmpului DSC

Dispozitivul de stingere a câmpului trebue să acționeze cât se poate de rapid și eficace, deoarece de felul lui de acționare depinde în mare măsură securitatea mașinii protejate. Variația tensiunii la bornele generatorului funcție de timp în cazul funcționării DSC este arătată în figura 17.

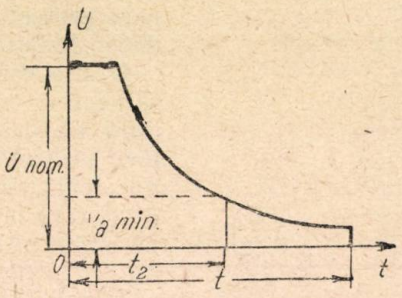


Fig. 17

Tensiunea trebue redusă până la o valoare care face imposibilă menținerea unui arc la locul defectului ($U_{a\ min}$).

Calitatea DSC este determinată de timpul t_2 (vezi diagrama). In U.R.S.S. se folosește în prezent sistemul din figura 18 pentru stingerea automată a câmpului.

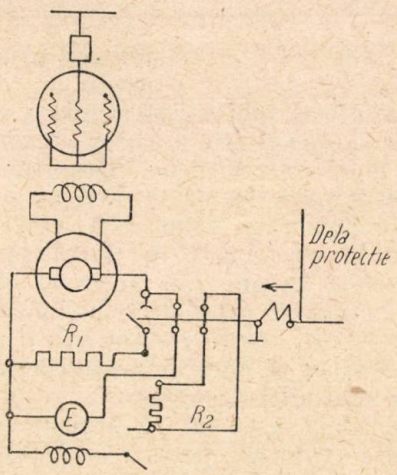


Fig. 18

Rezistența R_1 se determină prin formula

$$R_1 = \frac{U_{e\ max}}{I_{e\ max}} \text{ unde } U_{e\ max} \leqslant k_s\, U_i$$

U_i = tensiunea de încercare a înfășurării

$k_s < 1$

$I_{e\ max}$ se alege pentru un scurtcircuit trifazic la borne, când peste curentul continuu se suprapune componenta aperiodică. Practic, $R_1 =$

4 R_e, unde R_e este rezistența înfășurării de excitație în stare caldă

$R_2 \simeq 10\ R_{ee}$ unde R_{ee} este rezistența excitației excitatricei.

Problema protecției generatorilor este o problemă vastă și nu poate fi epuizată într'un articol de revistă. Deaceea, s'a făcut numai o scurtă trecere în revistă a principiilor generale. și metodelor folosite în U. R. S. S.

Pentru o justă orientare în această privință se poate consulta cartea profesorului A. M. Fedoseev „Protecția prin relee a sistemelor electrice" G.E.I. din 1952 și normele sovietice de protecție, elaborate de Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S.

★

СОВЕТСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРОВ

Резюме

В статье производится обзор общих принципов, и главных характеристик методов защиты генераторов, используемых в СССР а также даются некоторые принципы рассчета этих защит. Экзаменуются неполадки которые могут появится вообще а также и некокорые системы защит применяемые в СССР против списываемых неполадок.

EXPLOATAREA INTRERUPTORILOR PNEUMATICI DE INALTA TENSIUNE

ȘTEFAN IOIOR

Student Institutul Politehnic Kiev

Se dă o vedere generală asupra întreruptorilor cu aer comprimat, precum și asupra rezolvării problemelor principale de exploatare atât a întreruptorilor pneumatici cât și a instalațiilor producătoare de aer comprimat. Se dau metode practice pentru obținerea aerului comprimat, care satisfac anumitor condiții privitoare la presiune, puritate, aciditate. Totodată, articolul subliniază cazurile cele mai frecvente de deteriorări, precum și evitarea lor.

Folosirea aerului comprimat pentru stingerea arcului voltaic în întreruptorii cu aer necesită instalații speciale.

Pentru asigurarea bunului mers al instalației cu aer comprimat, precum și a aparatelor sau organelor ajutătoare acestora, are o importanță deosebită calitatea aerului care intră în țevile de distribuire a rețelei și în aparatajul pneumatic de comanda și manevră.

Parametrii care caracterizează calitatea aerului sunt : presiunea, puritatea și coeficientul lui de viscozitate. Din acestea reiese că buna funcționare a întreruptorilor pneumatici depinde într'o măsură foarte mare de starea aerului. Pentru asigurarea bunei funcționări a dispozitivelor de acționare și a întreruptorilor pneumatici cu un nivel de timp bine definit (garantat) este necesar ca presiunea aerului comprimat cu care se realizează operațiile de decuplare a aparatelor să nu fie mai mică de o valoare prescrisă. Această presiune este determinată de tipul aparatelor.

Așa de exemplu, în cazul unei presiuni nominale de lucru $P = 20$ at, presiunea minimă admisibilă nu poate fi mai joasă de 16 ...18 at, depinzând de tipul aparatajului.

Impuritățile mecanice care pot fi prezente în aerul comprimat sunt rezultatul unei neatente și insuficiente curățiri a tuburilor și țevilor de aer după montarea lor sau al ruginii în interiorul acestora. Ajungând la organele de comandă a mecanismelor un astfel de aer poate fi cauza unor deranjamente serioase, chiar atunci când impuritățile sunt constituite din particule de mărime foarte mică, cum ar fi praful sau rugina.

Impuritățile mecanice, ca de exemplu praful, ajungând la supapele aparatelor, împiedică închiderea lor completă și crează prin aceasta o pierdere însemnată de aer. Pe lângă acesta praful depunându-se pe piesele din materiale izolante, dă naștere la descărcări superficiale.

Prezența unui mai mare procentaj de umiditate, ca rezultat al unei insuficiente uscări a aerului, are ca urmare că umezeala se condensează în țevile sau tuburile de distribuire, precum și în organele de decuplare și în armăturile instalației. La o temperatură joasă, acest condensat poate chiar îngheța.

Condensarea vaporilor de apă depinde de umiditatea relativă a atmosferei. De exemplu, în prezența unui procentaj de 10...15% de umiditate relativă a aerului, căderea de temperatură până la începutul condensației constitue 30...35%. Umplerea rezervoarelor întreruptorilor cu aer având o umiditate relativă de 10...15%, exclude condensația.

Cu scăderea temperaturii, cantitatea vaporilor de apă din aer se micșorează simțitor. La $(-30)...(-40)^0$C, aerul se poate socoti practic uscat (într'un m^3 de aer se găsesc 0,1...

0,5 g vapori de apă). De aceea, metoda cea mai des folosită pentru obținerea aerului uscat este metoda bazată pe comprimarea și expansiunea aerului.

Din cele de mai sus reiese clar că problema principală care ne stă în față este înlăturarea umezelii din aer, adică uscarea lui.

Uscarea aerului

Uscarea aerului se înfăptuește prin mai multe metode, practic însă se folosesc câteva, dintre care :

a) Metoda termodinamică ;
b) Metoda materiilor absorbante ;
c) Metoda chimică (într'o măsură mai mică).

Metoda termodinamică constă din laminarea aerului comprimat, adică în micșorarea presiunii lui până la presiunea la care lucrează aparatul de decuplare. Procesul de uscare a aerului cu ajutorul acestei metode e compus din două părți :

1. Inlăturarea umezelii condensate prin procesul de comprimare și răcire a aerului ;
2. Micșorarea umidității relative prin laminarea aerului comprimat.

Aerul atmosferic, ajungând în compresor, își mărește temperatura (t) datorită comprimării, micșorându-i-se umiditatea relativă. Ieșind din compresor, aerul trece printr'un răcitor auxiliar. Temperatura scade treptat ; prin aceasta umiditatea relativă (φ) crește până la 100%. Incepe condensarea umezelii din aer. Prin supapa de reducție, aerul trece în țevi. Captarea umezelii condensate are loc în separatorul care se așează după răcitor și în rezervoarele de aer comprimat.

Practic pentru micșorarea umidității relative a aerului, acesta se comprimă până la o presiune bine definită P_1, pe urmă se supune laminării ; în consecință, presiunea scade până la presiunea nominală P_2, cu care lucrează aparatele de conectare.

Prin aceasta, volumul aerului se mărește în proporția dată de relația P_1/P_2. Având aceeași cantitate de umezeală absolută (în g) în aer, umiditatea relativă scade. Cu această metodă umiditatea aerului poate fi micșorată la 10...15%.

Presiunea de regim a aerului comprimat folosit pentru aparate de conectare, variază între 5...20 at. Pentru întreruptori cu aer, cea mai răspândită presiune variază între 10... 20 at. Mărimea presiunii P_1 este determinată de coeficientul $n = \frac{P_1}{P_2}$; n poate primi următoarele valori : 3 ; 2 ; 1,5 ; 1,25.

Când $n = 2$, adică $P_1 = 2\,P_2$, se realizează un coeficient de viscozitate suficientă fără a fi nevoie de rezervoare prea mari. Când $n = 3$, uscarea aerului este mai eficace, însă se mărește costul atât al elementelor luate separat, cât și al întregei instalații.

Metoda materiilor adsorbante constă în filtrarea aerului printr'un corp solid poros, cum ar fi de exemplu gelul de silice sau un oxid activ al aluminiului. Ele reține umezeala aerului la suprafața porilor. Materialele absorbante întrebuințate au proprietăți constante, adică în procesul de reținere a umezelii la suprafață, nu-și schimbă proprietățile fizice și chimice. După un anumit timp când acestea devin saturate, se poate ușor regenera, păstrându-și mai departe proprietățile anterioare.

După uscarea aerului cu ajutorul acestei metode, el mai conține doar 0,03 g/m³ umezeala prin întrebuințarea gelului de silice și 0,01 g/m³ umezeala prin întrebuințarea oxidului activ de aluminiu.

Metoda chimică nu a căpătat aplicare în cadrul instalațiilor, întrucât obținerea aerului uscat prin această metodă nu e efectivă. Instalația se complică, exploatarea devine mai grea, reactivii chimici sunt scumpi, etc. Toate acestea la un loc duc la scumpirea întregei instalații.

Descrierea unei instalații

Pentru alimentarea fără întrerupere a întreruptorilor pneumatici, instalația trebue să fie în întregime dublată. Instalația producătoare de aer comprimat trebue deci să fie formată din două compresoare. Se prevede decuplarea și anclanșarea lor automată în cazul creșterii sau scăderii presiunii față de cea nominală.

Filtrul de praf e așezat în țeava de aspirație a compresoarelor. Serpentina receptoare răcitoare) pentru răcirea aerului se află în ultima treaptă a compresorului. Rezervorul de aer este necesar pentru acumularea aerului comprimat. El are un orificiu pentru control și curățire, o supapă pentru evacuarea aerului, țevișoare pentru montarea manometrelor, supapă de siguranță, regulator de presiune care acționează în circuitul de punere în mișcare a motorului primar și colector de apă. Colectorul de apă se leagă la un punct de cotă minimă al rezervorului ; se folosește pentru acest scop o țeavă subțire, îngreunând prin aceasta evaporarea condensatorului.

Instalația pentru uscarea aerului, adică țevăria de legătură se confecționează din materiale nesupuse coroziunii (aramă, alamă, aluminiu). Diametrul tuburilor principale este de 30... 50 mm, iar al țevilor de distribuire de 15...25 mm. Montarea acestor țevi se face cu o înclinație de 0,5...1°.

Lângă întreruptorii pneumatici se montează un manometru și supapa inversă care împiedică ieșirea aerului din rezervorul întreruptorului pneumatic în caz de deteriorarea țevilor.

Desenul din figura 1 reprezintă una din cele mai bune instalații produse de uzinele „ELECTROAPARAT" din Uniunea Sovietică. Uscarea se obține prin comprimarea treptată a aerului la 40 at și ca urmare a micșorării presiunii până la 20 at. Această instalație se compune din două compresoare cu o productivitate de câte 12...30 m /oră.

Din compresor aerul intră în serpentina receptoare de răcire. Umezeala condensată se

adună în colectoare de apă. Mai departe, aerul trece într'un rezervor cu un volum de 2,5 m³, de aici prin supapa reducătoare trece în conducta principală cu o presiune scăzută până la 20 at. Prin expansiunea obținută cu ajutorul supapei de reducere temperatura scade imediat, condensându-se astfel umezeala din aer; ea se adună la rându-i în colectorul de apă. De aici aerul intră în rezervorul întreruptorului pneumatic. Intre conducta principală și întreruptor se montează o supapă inversă excluzând ieșirea aerului în cazul deteriorării țevilor de distribuție. Supapa montată între supapa de întoarcere și rezervor este închisă prin punerea în funcționare a instalației până în momentul când presiunea rezervorului atinge presiunea de $P_1 = 40$ at.

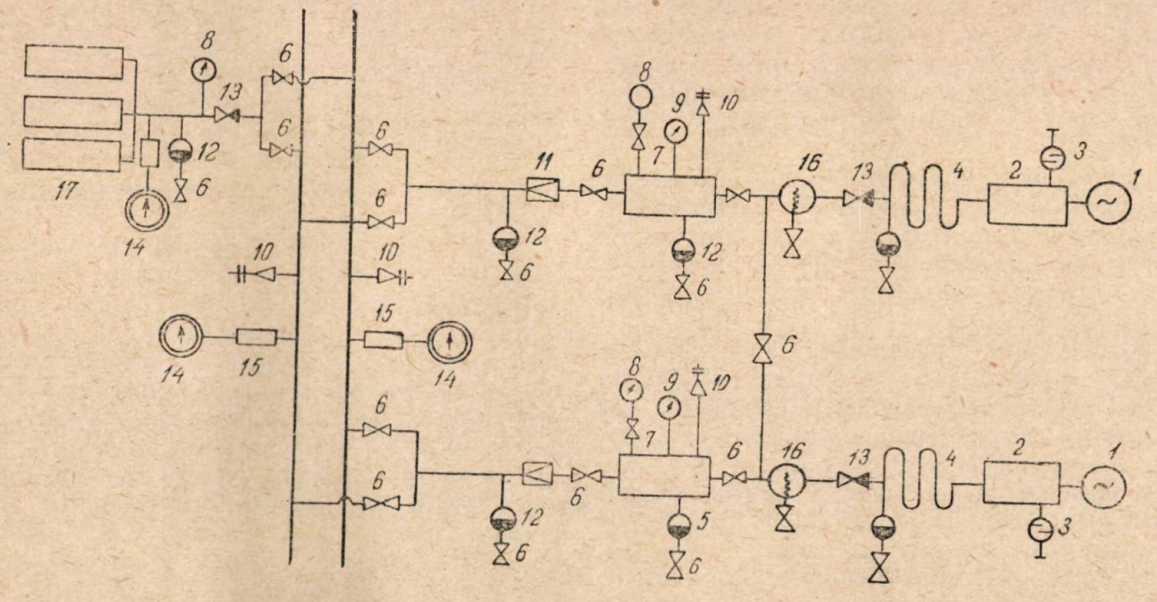


Fig. 1

Acest lucru este necesar pentru asigurarea gradului de expansiune necesar, deoarece în cazul când supapa inversă este deschisă, dilatarea s'ar începe încă dela început, adică pe măsură ce în rezervor presiunea a atins 20 de at. Ca urmare a acestui fapt, uscarea aerului ar fi insuficientă.

In cazul scăderii presiunii la 39 de at, regulatorul de presiune pune în funcțiune organul de conectare sau organul punerii în mișcare a compresorului, iar în cazul ridicării presiunii (40,5...41 at) acesta se decuplează, adică compresorul se oprește automat. Dacă presiunea în rezervorul întreruptorului cu aer scade dela 20 la 19,5 at, manometrele semnalizatoare pun în funcțiune organul de semnalizare (sonerie sau semnal luminos). Tonourile manometrelor semnalizatoare înlătură punerea în funcțiune a semnalizatorului în cazul unei variații scurte, în timp, a presiunii.

Prezența rezervoarelor de înaltă presiune asigură constanța presiunii în rezervoarele întreruptorilor și în țevile de distribuire. De exemplu, în cazul întreruptorilor de 30 kV presiunea în rezervorul acestuia după declanșare scade până la 30...45% iar pentru întreruptori cu o tensiune mai mare de 35 kV la 8..15%. In cazul de reanclanșare automată cu releu dublu, cantitatea de aer întrebuințată este de două ori mai mare decât în cazul contrar In asemenea cazuri, la proiectare trebue de ținut seama și de acest lucru, adică de volumul rezervorului care în cazul precedent este de două ori mai mare. Scăderea presiunii în rezervor din cauza folosirii aerului, precum și a scurgerii este de 1...2 at. In conducte și la îmbinări, legături, în țevi și supape, scăderea presiunii este deobicei de 1...1,5%at în 24 ore.

Debitul rezervorului trebue calculat în așa fel ca presiunea aerului comprimat să nu scadă cu mai mult de 5...7%.

Debitul compresorului este determinat de numărul întreruptorilor pneumatici instalați. Compresorul trebue ca în decurs de 5—10 minute să complecteze aerul consumat în caz de conectare simultană a câtorva întreruptori (500 l/min, sau 30...40 m³/ora.

Pentru o acționare sigură a întreruptorilor pneumatici compresorii trebue să fie dublați. Acest lucru înseamnează că se poate lua un compresor cu un debit de două ori mai mic. In cazul acesta, scăderea presiunii este urmată de punerea în funcțiune a ambelor compresoare. In tabela 1 se dă debitul de aer în litri folosiți pentru o singură conectare și anclanșare

Tabela 1

Tensiunea și puterea întreruptorului	Debitul rezervorului (întrerupt.) *l*	Cantitatea de aer folosit pentru o singură anclanșare (*l*)	Cantitatea de aer folosit pentru o singură decuplare (*l*)
10 kV 100.000 kVA.	18	8	80
20 kV 600.000 kVA.	190	20	750
35 kV 1.000.000 kVA	630	200	1 100
45 kV 1.000.000 kVA	500	120	2 000
110 kV 1.500.000 kVA	830	400	830
110 kV 2.500.000 kVA	1 020	160	1 300
150 kV 1.500.000 kVA	1 125	225	1 100
220 kV 2.500.000 kVA	1 710	850	1 710

Observații generale asupra întreruptorilor pneumatici

In întreruptorii pneumatici, arcul voltaic care se formează în momentul declanșării se stinge în camera de stingere cu ajutorul curentului de aer sub presiune din rezervorul întreruptorului. Acest aer este obținut după cum am văzut mai sus prin țevile de distribuire dela instalația centrală înzestrată cu compresori activi și de rezervă pentru ca, în orice moment, alimentarea cu aer comprimat a întreruptorilor și organelor de conectare pneumatică să fie asigurată.

Pentru buna exploatare a instalației de compresori, aceasta trebue să fie amplasată în apropierea consumatorului adică aproape de întreruptori. Intreruptorii pot fi proiectați pentru o singură declanșare, pentru reanclanșare automată, fără întârziere. Aerul comprimat în întreruptorii pneumatici dă posibilitatea rezolvării foarte ușoare nu numai a problemei stingerii arcului în momentul declanșării, dar totodată și a problemei manevrării elementelor mobile a întreruptorului.

Din punct de vedere al principiului stingerii arcului electric întreruptorii pneumatici se pot grupa în două categorii și anume: *a*) întreruptori cu stingere axială a aerului, *b*) întreruptori cu camere de stingere multiple.

După construcția lor, întreruptorii pot fi cu sau fără element suplimentar de întrerupere.

In ultimul timp se extinde din ce în ce mai mult folosirea primului tip de întreruptori în deosebi la tensiuni înalte și foarte înalte. Cu ajutorul acestor întreruptori pneumatici se rezolvă ușor problema reanclanșării automate cu un timp foarte scurt de întârziere. Intreruptorii pneumatici cu camere de stingere axială se construesc la puteri însemnate care se ridică până la 1.10^5 kVA sub o tensiune de 10 kV, dând o capacitate de rupere de 60 kA.

Rezultate mai frumoase au fost obținute prin folosirea întreruptorului cu camera de stingere secționată. Prin aceasta s'a putut ajunge la o putere de decuplare de $2{,}5.10^6$kVA, la 15 kV cu un curent de decuplare de 1.10^5A.

Din exploatarea întreruptorilor pneumatici: Defecte de fabricație și de montaj

Intr'una din stațiile de distribuție de 10 kV, s'a simțit câteva zile dearândul un miros de ceva ars. Prin inspecția din exterior, nu s'a putut constata nimic dar declanșarea și anclanșarea aparatelor era împiedicată. In timpul declanșării unui transformator de $7{,}5.10^3$ kVA s'a rupt într'un întreruptor capul contactului rozetă și o parte a cilindrului de bachelită cu toate că acest întreruptor fusese dat în exploatare numai de câteva săptămâni.

Cercetarea acestor deteriorări a dat următoarele rezultate: Cilindrul de bachelită s'a ars în formă inelară la nivelul contactului tranzitoriu. Cauza acestei defectări a fost contactul prost dintre colierul de aluminiu și contactul de tranziție pe unde curentul trece de pe contactul de bronz pe aluminiu, nu direct, ci prin patru șuruburi (1/2''). Aceste șuruburi nu au fost suficient de bine strânse. In timpul exploatării, curentul n'a crescut peste 300 A.

Intâmplător acest defect nu a avut consesințe serioase la barele centralei electrice. Dacă la primirea în exploatare s'ar fi dat o atenție mai mare, adică dacă s'ar fi măsurat căderea de tensiune la contacte, această defectare nu s'ar fi ivit.

La aceiași centrală, într'una din cabine, întreruptorul a fost schimbat cu unul de rezervă. După montarea acestuia, după cum e și normal, înainte de a fi pus în exploatare a fost necesară măsurarea căderii de tensiune la contacte. S'a ajuns la rezultateul următor: două contacte au dat rezultate bune 8...10 mV (după datele fabricii) iar al treilea 100 mV. S'a constatat că din această cădere de tensiune, o mare parte se datorește unui contact prost. Pentru înlăturarea defectului a fost înlocuită bucșa în formă de rozetă a întreruptorului. Căderea de tensiune a devenit normală.

La una din centralele electrice, s'a deteriorat o coloană de susținere pilon pe care era montată camera de stingere a unui întreruptor pneumatic de 110 kV. Analizând cauzele, s'a ajuns la concluzia că defectarea se datorește lipsei unei continue purjări a coloanei cu aer uscat, din care cauză suprafața interioară a coloanei s'a umezit.

Pentru a înlătura asemenea deteriorări, în Uniunea Sovietică, Secția Tehnică a Ministerului Centralelor Electrice,a propus la 27 Noembrie 1947 următoarele soluții: *a*) în sistemele energetice, unde se exploatează întreruptori cu aer, trebue să se verifice purjarea continuă a coloanelor de bază ale întreruptorilor prin care se comunică aerul în camera de stingere; *b*) introducerea ei în toate instalațiile unde până atunci purjarea n'a existat.

Bibliografie

1. Electriceschie Stanții. Cazurile de deteriorare în întreruptorii pneumatici — 1948, Nr. 9.
2. Despre purjarea întreruptorilor ibid. 1948 Nr. 1.
3. Instalațiile pentru obținerea aerului comprimat pentru întreruptori pneumatici, ibid. 1948, Nr. 3.
4. Instalațiile pentru obținerea aerului comprimat p entru întreruptori pneumatici, ibid. 1948, Nr. 2.
5. *Glazunov*: Despre întreruptorii pneumatici, în „Staţii şi centrale electrice".
6. *Baptidanov* și *Tarasov*: Echipamentul centralelor și stațiilor electrice. Intreruptorii pneumatici.

ADUNAREA GENERALĂ A CERCULUI A.S.I.T. AL M.E.E.I.E.

Pentru construirea socialismului în țara noastră desvoltarea tehnicei este o condiție fundamentală.

Regimul de democrație populară se poate desvolta spre socialism numai pe baza unui progres permanent al științei și tehnicei în toate domeniile economiei naționale.

Inginerii și tehnicienii sunt chemați să aducă o largă contribuție la realizarea planului de electrificare cât și la realizarea planului cincinal.

In acest scop, în ziua de 29 Mai s'a ținut o ședință plenară a Cercului ASIT al MEEIE la care a participat tov. Gheorghe Gaston Marin Ministrul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, tov. Ministru Adj. Niculescu Dumitru, directorii, inginerii și tehnicienii din Minister.

S'a citit raportul de activitate al vechiului comitet, iar noul comitet în frunte cu tov. Director General Coman Dumitru a prezentat planul de muncă pe perioada 1/VI până la 31/XII 1953, plan care prevede rezolvarea unor probleme importante legate de activitatea MEEIE.

Ședința plenară a fost un prilej de analiză critică și auto-critică a muncii ASIT și de intensificare și adâncire a orientării în viitor.

In cursul anului 1953, colectivul de studii al Cercului a reușit să rezolve următoarele probleme :

1) Studiul măsurilor de luat pentru îmbunătățirea factorului de putere, studiu întocmit de către un colectiv de tehnicieni și ingineri din D.G.I.E.T. și D.G.E.E. din Minister.

2. Studiul măsurilor organizatorice pentru asigurarea unei producții ritmice, care a fost deasemenea întocmit de către un colectiv de ingineri din D.G.I.E.T.

3. Studiul izolării tolelor mașinilor electrice prin oxidare întocmit de către un colectiv de ingineri din D.G.I.E.T.

4. Studiul obținerii unui material ceramic rezistent la căldură pentru becurile de proecție. Intrucât rezolvarea acestei probleme a comportat lucrări de laborator, s'a format un colectiv în care pe lângă tovarășii din D.G.I.E.T, au intrat și specialiști dela fabrica Electrofar.

Din desbatere a rezultat că, din cauza lipsurilor vechiului comitet, Cercul ASIT din MEEIE nu și-a îndeplinit toate sarcinile care-i reveneau. Cercul nu a cuprins întreaga masă a inginerilor și tehnicienilor din Minister, bazându-și activitatea numai pe munca unui număr restrâns de membri ASIT. Activitatea nu a fost constantă munca fiind dusă în asalturi ; în unele perioade munca a fost susținută, pentruca în alte perioade activitatea să stagneze aproape complect.

Nu s'a dus o activitate destul de susținută pentru îndrumarea activității tehnico-științifice a membrilor ASIT spre problemele ridicate de planul de electrificare, în scopul strângerii legăturii dintre gândirea tehnică științifică și practica realizării planului de electrificare.

Nu s'a dus dealtfel nici o activitate susținută în scopul ridicării nivelului ideologic și al cunoștințelor economice ale inginerilor și tehnicienilor și nici lupta pentru combaterea cosmopolitismului. Nu s'a urmărit participarea activă a membrilor ASIT la întrecerea socialistă, acestei probleme neacordându-i-se importanța cuvenită ; popularizarea problemelor ce decurg din planul de industrializare și electrificare a țării, a problemelor rezolvate în această direcție de tehnica cea mai avansată tehnica sovietică, s'a făcut într'o măsură insuficientă.

Colaborarea cu conducerea Ministerului și a Direcțiilor, a legăturilor cu organizațiile de masă și în special cu Sindicatul au fost slabe.

Din cauza lipsei unui președinte al Cercului și a slabei activități a secretarului, toată activitatea Cercului a fost dusă sporadic fără un plan de muncă.

Resortul organizatoric al Cercului nu s'a preocupat de problema coordonării mulțumindu-se numai să sesizeze și să ceară ajutorul organizației de bază.

O altă lipsă serioasă a resortului organizatoric a fost că nu a ținut o evidență la zi a inginerilor și tehnicienilor din Minister pentru a putea înscrie pe toți tovarășii care au fost transferați în Minister după încheierea campaniei de reînscriere.

Trăgând învățăminte din lipsurile și greșelile de până azi, generalizând experiența bună dobândită, adunarea generală a indicat drumul pe care trebue pornit de acum înainte pentru a ridica din ce în ce mai mult rolul și contribuția inginerilor și tehnicienilor din cadrul MEEIE în rezolvarea problemelor de producție, pentru a mări neîncetat ajutorul Cercului ASIT pe linia Rezoluției Congresului ASIT din 27-30 Mai 1951.

Planul de muncă al Cercului ASIT din MEEIE cuprinde următoarele obiective :

— Organizarea Cabinetului Tehnic ;

— Organizarea a șase conferințe în legătură cu problemele legate de activitatea inginerilor și tehnicienilor din Minister ; în cadrul acestor conferințe, tov. Ministru-Adj. Ing. D. Niculescu va vorbi despre „Mijloace și metode pentru

compensarea naturală a factorului de putere"; alte conferințe se vor referi la problema redresorilor, îmbunătățirea factorului de putere, organizarea producției, planificarea operativă etc.

— Sprijinirea învățământului profesional și ajutarea la învățătură a studenților și elevilor școlilor tehnice prin meditații date de membrii Cercului ASIT și prin seminare și consultații date la Cabinetul Tehnic, etc.

— Un foarte important capitol din planul de muncă îl formează propunerea de studiu și rezolvare în Minister sau în colaborare cu cercurile ASIT din intreprinderi a următoarelor probleme:

1. Metode locale pentru impregnarea stâlpilor de lemn pentru electrificări rurale; săgețile liniilor electrice în cazul diferențelor de nivel și influența săgeții asupra poziției lanțului de izolator; prelungirea timpului de depozitare a acumulatorilor;

2. Studiul măsurilor pentru scurtarea reviziilor în centralele electrice, studiul asupra planificării operative a producției (generalizarea experienței anumitor intreprinderi electrotehnice); principii de calcul al reducerii prețului de cost în sectorul energetic și reflectarea acestei reduceri în beneficiu.

3. Problema tensiunii optime într'o distribuție originală pentru electrificări rurale; scheme electrice rurale simple și economice.

4. Studiul tehnico-economic pentru îmbunătățirea factorului de putere într'o regiune petroliferă; studiul tehnico-economic pentru îmbunătățirea factorului de putere într'o mare intreprindere metalurgică.

5. Tratarea neutrului în rețeaua de 60 kV din regiunea petroliferă; studiul încercărilor la stabilitate termică a aparatajului de înaltă tensiune.

6. Studiul dimensionării bobinajelor terțiare la transformatori; studiul compensării shunt a transformatorului de intensitate; turnarea de precizie a magneților și punerea la punct a tehnologiei respective.

La discuții și propuneri au fost relevate următoarele:

Includerea în planul de muncă a problemelor în legătură cu securitatea muncii, de exemplu îmbunătățirea preselor; să se organizeze mai temeinic pe linie de ASIT ajutorul pe care acesta trebue să-l dea publicațiilor tehnice, îndrumându-se membrii ASIT-ului spre activitate editorială precum și o contribuție la alcătuirea standardelor.

S'a arătat deasemenea slaba colaborare a inginerilor și tehnicienilor din cadrul cercului ASIT al MEEIE la revistele tehnice „Electrotehnica" și în deosebi „Energetica", accentuându-se asupra sprijinului pe care membrii cercului ASIT al MEEIE trebue să-l dea acestor două reviste prin elaborarea și trimiterea de articole care să contribue la rezolvarea problemelor tehnico-științifice ale planului de electrificare.

Printre problemele importante a fost relevată aceea a sprijinirii acțiunilor pentru depășirea normelor noi de producție; deasemenea unele probleme speciale pentru ajutorul tehnic ce trebue dat în legătură cu fabricarea lămpilor de radio, organizându-se două conferințe tehnice la fabrica „Steaua Electrică" și o conferință la „Electrofar".

Tov. Ministru Adj. Niculescu propune conferințe pentru combaterea diverselor teorii pseudo-științifice burgheze și înființarea de colective comune ale D.G.E.E. și D.G.I.E.T., în vederea îmbunătățirii calității produselor electrotehnice.

Tovarășul Ministru Ing. Gh. Gaston Marin a arătat că Cercul ASIT trebue să se preocupe de problemele Ministerului, de îmbunătățirea metodologiei de planificare în sectorul energiei electrice, eliminarea lipsurilor sau paralelismelor în sistemul de organizare, de organizarea schimbului permanent de experiență pentru generalizarea procedeelor înaintate.

Tehnicienii și inginerii din cadrul MEEIE trebue să-și valorifice din ce în ce mai mult priceperea și capacitatea lor tehnică în scopul construirii socialismului, să-și ridice neîncetat nivelul politico-ideologic, să fie în primele rânduri în lupta contra conservatorismului și rutinei în domeniul tehnicii.

Urmărind cu înflăcărare exemplul luminos al inginerilor și tehnicienilor sovietici, inginerii și tehnicienii noștri vor da un puternic avânt progresului tehnic al industriei noastre energetice și electrotehnice în lupta pentru pace și socialism.

NOTE — RECENZII

TROIB S. E.: Diagrame pentru calculul arderii combustibililor. Sverdlovsk 1951 Moscova (traducere din limba rusă I.D.T.).

In lucrarea de faţă se dau o serie de diagrame cu ajutorul cărora se poate efectua în mod rapid calculul puterii calorifice a combustibililor. Diagramele sunt construite cu ajutorul formulelor sovietice ce derivă din formulele lui D. I. Mendeleev, formule pentru calculul puterii calorifice a combustibililor solizi sau lichizi.

Relaţia cea mai sigură pentru efectuarea calculelor aproximative de ardere este, — după Mendeleev, — proporţionalitatea între consumul de aer şi puterea calorifică a combustibilului.

Acad. D. P. Konovalov, reluând ideile lui D. I. Mendeleev, a propus următoarele formule:

$p_i^1 = 3\,050\ G_{O_2}$ pentru ţiţei şi huilă;

$p_i^1 = 3\,150\ G_{O_2}$ pentru lignit şi turbă;

$p_i^1 = 3\,250\ G_{O_2}$ pentru lemne.

în care:

G_{O_2} este cantitatea de oxigen exprimată în kg necesară pentru arderea completă a unui kg de combustibil.

In ultimii 20 de ani, formulele lui Mendeleev au fost aplicate în laboratoarele sovietice şi controlate pentru verificarea exactităţii analizelor în ce priveşte conţinutul în carbon şi hidrogen. Această chestiune este tratată în primul capitol al cărţii.

Savanţii sovietici au lucrat şi lucrează şi în prezent la stabilirea unor formule noi şi la construirea unor diagrame pentru calculul proceselor de ardere a diferiţilor combustibili. Lucrările urmăresc realizarea unor diagrame mai precise decât graficele Rosin şi Fehling, bazate pe relaţia lineară între puterea calorifică a combustibilului, consumul de aer şi volumul gazelor arse rezultate. Aceste lucrări sunt examinate în capitolul II al cărţii.

Pe baza unui mare număr de exemple, autorul arată că graficele Rosin şi Fehling precum şi formulele pe care se bazează, au o precizie redusă şi în unele cazuri sunt chiar imposibile de aplicat. Această chestiune este tratată în cap. III.

In capitolele IV—V se dau rezultatele calculelor referitoare la arderea lemnelor, a cărbunilor bruni, huilei, antracitului, cocsului, păcurii, şi a altor combustibili lichizi. Aceste rezultate sunt comparative, indicându-se pe cele obţinute prin aplicarea formulelor lui Rosin şi Fehling şi cele obţinute prin aplicarea formulelor lui Mendeleev, în care s'a introdus puterea calorifică P_{iM}^1.

In capitolul VI se dau exemple de calcul după formulele de mai sus, pentru arderea diferiţilor combustibili.

Cartea reprezintă rezultatul unei intense activităţi desfăşurate de autor şi aduce un aport important proiectanţilor de specialitate pentru construirea de cazane de abur alimentate cu diverşi combustibili şi pentru orice alt proiect în care primează economia arderii de combustibil.

BIBLIOGRAFIE

Lucrări tehnice intrate în Biblioteca I. D. T.

LITVIN, A. M.: Bazele teoretice ale termotehnicei. Termodinamica şi teoria transmiterii căldurii. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 303 p., div. fig.

ŞOSTACOVICI, B. V.: Modele de centrare a turbinelor cu abur. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 91 p., div. fig.

BUNKIN, V. I.: Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Editura Energetica de Stat 1952, 271 p.,

BODAŞCOV, N. C.: Avariile turbinelor cu abur şi combaterea lor. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 91 p., div. fig.

Prescripţii tehnice pentru construirea, repararea, instalarea, exploatarea şi controlul cazanelor de abur şi recipienţilor sub presiune. Bucureşti, Edit. Tehnică, 1953, 128 p.

BOBROVSKI, G. S.: Călăuza fochistului dela instalaţiile industriale de cazane. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 136 p., div. fig.

KAZARNOVSKI, E. M.: Reglarea temperaturii aburului supraîncălzit. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 303 p., div. fig.

VOSCRESENSKII, C. D.: Culegere de probleme de transmiterea căldurii. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 204 p., div. fig., ref. bibliografice.

SENDIC, M. M.: Indicaţii generale pentru calculul instalaţiilor de tratare a apei. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 53 p.

Recepţia, exploatarea şi recondiţionarea materialului de izolare termică în centralele electrice. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 43 p., 8 fig.

NACEAREAN, S. A. şi STRELKOVSKI, S. A.: Exploatarea centralelor electrice sătesti. (Expluataţia selskih elektrostanţii). Moscova-Leningrad, Selhoghiz., 1952, 104 p., 10 fig.

SCEGOLEV, G. S.: Turbinele centralelor hidroelectrice mari. (Turbini kupnîh ghidroelektrostanţii). Moscova, Gosenergoizdat, Leningrad, 1952, 84 p., div fig.

KERŢELLI, L. I. şi RÂJKIN, V. I.: Centralele termoelectrice. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, Vol. I.: 377 p., div. fig.; Vol. II: 434 p., div. fig.

Reguli de securitate pentru personalul secţiilor termice dela centralele electrice şi reţelele termice. (Pravila bezopasnosti dlia personala teplovîh ţehov elektrostanţii i toplovîh setei). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 72 p., 18 fig.

Imbunătăţirea factorului de putere în reţelele electrice. Bucureşti I.D.T., 1953, 94 p., div. fig., ref. bibliografice.

Protecţia prin relee şi automatizarea sistemelor energetice. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 148 p., div. fig.

BAZILEVSKI, I. V.: Căile principale de folosire a energiei electrice pentru navigaţie. (Osnovnîe puti ispolzovania elektroenerghii dlea ţelei sudohodstva). Moscova, Izdatelstvo Ministerstva Recinigo Flota SSSR, 1952, 20 p., 2 fig.

ENERGHETICESKI BIULETEN

(Buletinul de energetică, U.R.S.S.) 1953, Nr. 2 (Februarie)

Safarov G. M. şi N. V. Roitman: Caracteristicile de demarare ale noului motor electric sincron pentru acţionarea compresoarelor în industria de extracţie a ţiţeiului 1

Movsesov N. S. şi I. S. Bilmes: Telecomanda întreruptorilor în ulei, în staţiile de compresoare 6

Czol P. Z.: Calculul protecţiei de curent maxim a unui transformator care alimentează motoare cu drenaj automat 13

Dobrov G. D.: Stâlpi rezistenţi şi economici din beton armat 16

Kot A. A.: Spălarea turbinelor de înaltă presiune . . . 18

Lurie L. S.: Câteva probleme de analiză şi de calcul a sarcinei neuniforme a unei reţele trifazate, ţinând cont de puterea asimetriei 20

— Literatura nouă cu privire la prepararea apei . . 28

— Consultaţie 30

PROMIŞLENNAIA ENERGHETIKA

(Energetica Industrială, U.R.S.S.) 10 (1953), Nr. 2 (Februarie)

Să se lichideze neajunsurile în ceea ce priveşte normarea controlului şi reglării consumului de energie 1

Erofev A. V.: Aparate electronice pentru controlul şi reglajul automat al proceselor termice . . . . . .

Economia energiei

Savin M. A.: Experienţa folosirii cuplajului hidro-electric cu electromotor asincron de joasă tensiune pentru maşinile de extracţie miniere 8

Dimitriev V. M. : Despre unele schimbări în schema generatorilor de înaltă frecvență CZ—46 12
Milman M. M. : Folosirea pompei de căldură pentru alimentarea cu abur a locomotivelor în secțiile de expediție ale fabricilor de locomotive 13

Exploatarea instalațiilor energetice

Smirnov G. N. : Blocarea conductorilor elastici de contact la poduri rulante 14
Balian R. H. : Un caz interesant de pornire a unei comutatoare 17
Kostarev L. N. și Kuvaev A. S. : Localizarea unui defect de cablu 19

Proiectarea și montajul instalațiilor electrice

Sergeev P. V. : Câteva probleme de alimentare cu energie electrică a băilor electrolitice pentru fabricarea zincului 20
Datt M. M. : Noua metodă pentru fixarea rolelor de porțelan ale instalațiilor electrice pe tencuială uscată . 23
Tronin L. A. : Armarea izolatorilor 23

Discuții

Lubinski A. S., Leibovici D. S., Șeikind M. D. ș. a. : Despre câteva neajunsuri în proiectarea instalațiilor electrotehnice 24
Scrisori sosite la redacție 28
Critică și bibliografie 30

Îndreptarul energeticianului din uzină

Electrotehnică. Contactori de curent alternativ seria KT fabricați de Uzina Ministerului Industriei Electrice 31
Termotehnică — Schimbători de căldură (continuare) 32

ELEKTRICESKIE STANȚII
Centrale electrice, U.R.S.S.) 1953, Nr. 1 (Ianuarie)

— Pentru un nou avânt al energeticii sovietice . . . 3
Kasianov E. A. și D. A. Savinovski : Despre purjarea periodică a punctelor inferioare din cazane 6
Kostrikin D. M. : Cauzele impurificării aburului cazanelor 7
Kot A. A. : Despre antrenarea selectivă a bioxidului de siliciu prin aburul de înaltă presiune 10
Speranski B. A. : Autoaprinderea cărbunelui din regiunea Moscova 13
Papiμov S. I. : Organizarea reparațiilor centralizate pe sisteme energetice 18
Lozunov F. G. : Montajul bateriilor de cicloni în ansamble mari 20
Sokolov V. S. : Determinarea stratificării în materiale, prin metoda ultra-sunetelor, fără o prelucrare specială a suprafețelor 24
Fedotov M. P. : Câteva particularități ale schemelor de redresare cu ventile având un pol pus la pământ. . . 28
Lihacev F. A. : Despre alegerea intervalelor eclatorilor exteriori la parafulgerele din fibrobakelită în rețele de 35 și 110 kV 30
Spiridonov V. K. : Localizarea defectelor în cabluri la străpungeri cu caracter insuficient de clar pronunțat, prin metoda descărcărilor oscilante 40
Prujanski A. M. : Despre baterii de acumulatori în centrale electrice de puteri mici și mijlocii 44
— Discuții 47

Schimb de experiență în domeniul construcției și al montajului

Lojinov G. F. : Montajul construcției metalice pentru un turn de răcire, cu preasamblarea lui într'un singur ansamblu 49
Semenov P. S. : Ridicarea rezistenței părții lărgite a tuburilor de canalizare de beton presat 50
Iankelev L. F. : Fixarea izolației termice din vată minerală 51
Bruk G. E. : Nou lac asfalto-bituminos pentru construcții metalice 52

Schimb de experiență în domeniul exploatării

Tolcinski S. A. și A. K. Sapkin : Țevi de condensator din aliaje rezistente la coroziuni 53
Sliahin P. N. și V. I. Bolșaμov : Aplicarea sudurii electrice cu arc la fixarea paletelor de turbină, pentru înlăturarea vibrațiilor periculoase 53
Azbukin I. I. : Echilibrarea unui rotor greu, pe un dispozitiv cu paliere oscilante 55
Nevorov E. N. : Despre cauzele răcirii nesatisfăcătoare a turbogeneratorilor 57
Gorodețki S. A. : Folosirea metodei absorpției pentru controlul umidității izolației 58
Gevorkian N. E. : Schema reanclanșării automate pe fază, folosind descărcarea unui condensator 59
Resetnikov N. V. : Schema pentru autobuclarea releului de ieșire, folosind o cheie specială de comandă . . . 59
Ierusalimov M. E. și I. M. Fedcenko : Controlul stării izolatorilor de trecere de înaltă tensiune 60

Cronica

— Despre încălzirea și conectarea de control a transformatorilor după montajul sau reparația lor 61
— Despre pornirea compensatorilor sincroni, folosind bobine de reactanță 61
— Despre proiectarea alimentării cu căldură, despre încălzirea și ventilarea centralelor hidroelectrice 61
— Despre normative de sortiment și despre piese fasonate de țevi 61

Critică și bibliografie

Gronștin V. M. : Recenzia cărții lui N. D. Kamenskie „Sisteme electrice" 62

E R A T A : *Dintr'o eroare de tehnoredactare, figurile 1, 2 și 3 din articolul „Compensarea pierderilor de tensiune în liniile electrice de transport, cu ajutorul condensatorilor legați în serie" de C. N. Culi-Zade și M. M. Djafarova, publicat în Nr. 3 al Revistei „Energetica" (pag. 34) au apărut schimbate între ele. Fig. 1 este cea notată 2, fig. 2 este cea notată 3 iar figura 3 este cea notată 1.*

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și oarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolel r și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

EDITURA ENERGETICA DE STAT

Publică lunar:

ANUL I — Nr. 6 REVISTA „ENERGETICA“ Iunie, 1953

E 2039/d
Sehrui
KAT
1962
Institut de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
ОБМЕН - CSERE
YMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Mérnöki Könyvtár BUDAPEST

7

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacție

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Iulie 1953 ★ Nr. 7 Redacția: București, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

ENERGETICA GENERALĂ

Prof. *P. Stroescu:* Problema energiei eoliene . . . 1

TERMOENERGETICA

Ing. *Costin Moțoiu:* Centrale electrice cu motoare Diesel 7

Arh. *Silvia Marcus:* Probleme de arhitectură și construcție în proiectarea marilor centrale termoelectrice 21

ELECTROENERGETICA

Ing. *P. Dimo:* Bilanțul energetic al rotorilor în mișcare, principiu general pentru analiza stabilității sistemelor energetice 26

PROBLEME TEHNICO-ECONOMICE

Prof. dr. ing. *Gh. Petrescu:* Mijloace artificiale de îmbunătățire a factorului de putere 32

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Проф. *П. Строеску:* Вопросы ветроэнергетики . . 1

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Инж. *Костин Моцсю:* Дизельные электростанции . 7

Арх. *Сильвия Маркус:* Вопросы проэктирования больших ТЭС 21

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Инж. *П. Димо:* Энергетический баланс движущихся роторов. Общий принцип анализа устойчивости энергетических систем 26

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Проф. Др. *Г. Петреску:* Искусственные методы улучшения коэффициента мощности 32

Országos Műszaki Könyvtár MULAJDONA

PROBLEMA ENERGIEI EOLIENE

Prof. univ. P. STROESCU

Se expune, în linii generale, problemele ridicate de valorificarea energiei vânturilor. Se arată importanța și dificultățile utilizării energiei eoliene și se preconizează folosirea locală a motorului eolian, fie izolat, fie combinat cu cel termic sau hidraulic. Se arată nevoia studiului potențialului energetic eolian al R.P.R. (intensitatea și frecvența vânturilor, punctele geografice etc.) precum și folosirea documentației sovietice pentru a se putea trece la realizarea unor instalații eoliene de mare putere și crearea unor centrale aeroelectrice conectate cu centralele termoelectrice și hidroelectrice.

Dintre izvoarele de energie pe care le putem folosi în prezent datorită unei tehnici perfecționate, energia hidraulică și cea eoliană au fost cunoscute încă din antichitate; ele au fost utilizate cu succes chiar cu mijloacele tehnice imperfecte ale timpurilor de atunci. Contribuția lor la desvoltarea omenirii a fost importantă timp de milenii. Mașina cu abur și apoi motorul cu ardere internă precum și descoperirea zăcămintelor de materii prime energo-termice, au determinat treptat o trecere pe al doilea plan a acestor prime surse de energie și în special a celei eoliene.

Reconsiderarea însă și străduința pentru o utilizare în condiții optime, cu mecanisme moderne din ce în ce mai perfecționate, a acestor două surse naturale de energie este cu atât mai indicată, cu cât imensele și inepuizabilele energii ale apelor și ale vântului le avem direct la îndemână, fără necesitatea vreunei prelucrări, fără nicio operație de extracție sau de transport.

Utilizarea acestor două feluri de energie permite o captare directă și transformarea în lucru util, chiar la fața locului, prin însăși prezența pe loc a dispozitivelor de utilizare: turbinele hidraulice și motoarele eoliene.

Costul întreținerii și exploatarea acestor instalații, în special al celor eoliene, este mai redus decât al instalațiilor de utilizare a celorlalte surse de energie în centralele termoelectrice.

In ce privește motoarele eoliene durata lor de viață este incomparabil mai mare decât a mașinilor centralelor termoelectrice și chiar a celor hidraulice, deoarece în aer materialul respectiv nu are de suportat nici temperaturi înalte și nici efecte de cavitație, coroziuni etc. Am avut ocazia de a vizita o gospodărie de stat, unde în vârful unui turn de piatră, înalt numai de vreo șapte metri și în care se afla și un rezervor de apă, funcționa în condiții foarte bune o modestă roată eoliană metalică, care furniza singură întreaga cantitate de apă necesară gospodăriei; roata de vânt, fusese montată acolo prin anul 1901 și — datorită devotamentului îngrijitorului ei — nu se făcuse în tot acest timp niciun fel de reparație, exceptând vopsirea ei la câte 4—5 ani. Era îngrijită și supravehigată de către un paznic, a cărui sarcină consta în a o bloca într'o poziție convenabilă pe timpul furtunilor mari sau atunci când rezervorul de apă era plin, precum și de a-i turna câte 4 — 5 litri de ulei în cutia de ungere, cam de două ori pe an.

Atât din acest exemplu cât și din altele văzute și cercetate, reiese — după părerea noastră — că durata existenței unor astfel de robuste roți eoliene bine întreținute poate depăși cu mult suta de ani. Nu același lucru s'ar putea spune pentru motoarele termice sau cele hidraulice.

In ceeace privește energia apelor, datorită efectelor mai directe, ea și-a menținut mai bine poziția în decursul vremurilor, iar azi este ridicată cu mult interes la locul de cinste, ce i se cuvine. Dovadă — atâtea mari centrale hidroelectrice existente în U.R.S.S. și în țările de democrație populară și din ce în ce mai multe, în curs de construire și de proiectare.

In ceeace privește energia eoliană însă, cu toate argumentele atât de promițătoare, ea întâmpină încă multă rezistență și pătrunde cu mult mai greu la locul ce i se cuvine; aceasta se datorește într'o anumită măsură și sub un anumit aspect și felului și principiului de utilizare, care trebue just înțeles și numai astfel adoptat.

Folosirea cu succes a energiei eoliene presupune în prealabil o cunoaștere aprofundată atât a mediului respectiv, aerul, cât și a condițiilor în care acest mediu poate deveni un factor energetic, adică cunoașterea regimului lui de mișcare, a regimului vânturilor.

In atmosfera liberă în mișcare, energia eoliană este în adevăr imensă, ea este însă mult dispersată în spațiu, pe câtă vreme acea a apei, la aceleași valori energetice, este mult mai localizată în spațiu, datorită masei sale specifice, mai mari față de cea a aerului.

Așa se și explică necesitatea marilor diametre ale motoarelor de vânt, față de cele ale motoarelor hidraulice.

Dar, în afară de acest prim aspect al problemei folosirii energiei eoliene, chestiunea mai prezintă și alte dificultăți.

Este vorba de data aceasta de *frecvența* vânturilor, precum și de *viteza medie*.

Frecvența vântului este foarte neregulată, alternând chiar cu zile întregi la șir de un calm atmosferic perfect, iar pe de altă parte însăși viteza medie a vântului în funcție de timp, este în general și pretutindeni foarte mică. Există totuși pe glob, în fiecare țară, anumite regiuni mai favorizate din acest punct de

vedere, unde atât frecvența cât și intensitatea medie a vântului este în adevăr propice pentru o utilizare serioasă. Aceste excepții geografice sunt așa numitele „vaduri eoliene".

In U.R.S.S., aceste vaduri eoliene sunt azi mai bine determinate și energia vântului este aci pusă la o serioasă contribuție. Astfel există anumite regiuni în U.R.S.S., unde — transformând energia vântului în electricitate — se poate obține pe o suprafață de 1 km² o energie anuală de 60 000 — 1 000 000 kWh.

Deobicei, aceste vaduri eoliene există pe coastele mărilor și oceanelor, pe vârful munților, în anumite văi având direcția vântului dominant local, precum și la mari înălțimi în atmosferă.

Un motiv, care frânează mult avântul folosirii energiei eoliene, rezidă în marile dificultăți de rezolvare convenabilă a problemei de acumulare a energiei eoliene captată cu aero-motoarele, atunci când ele pot funcționa. Necesitatea acumulării energiei eoliene apare ca o consecință atât a neregularității frecvenței vântului, cât și a vitezei sale medii prea mici în multe cazuri.

Pentru utilizările de mici proporții, locale, ale energiei eoliene, una din metodele cele mai obișnuite de acumulare constă în amenajarea unor bazine sau lacuri artificiale. Această apă, astfel acumulată în timpul funcționării aero-motoarelor, poate servi pentru irigarea unor suprafețe de sol productiv, cum sunt cele ale gospodăriilor agricole de stat sau ale gospodăriilor agricole colective. Castelele de apă servesc pentru aceleași scopuri cât și pentru asigurarea adăpării cu apă potabilă a vitelor unor astfel de gospodării, pentru cazuri de incendiu, etc.

Investițiile însă, pentru construirea și întreținerea unor astfel de castele de apă sau bazine, reprezintă o anumită greutate financiară, adesea de nesuportat pentru utilizatori. Pe de altă parte, pe timpul zilelor de vară, această apă acumulată se impurifică, mai cu seamă cea din lacurile artificiale.

Tot sub această formă de acumulare, s'au făcut proiecte, în care apa pompată din sol de aero-motoare și refulată într'un lac de acumulare e destinată să servească prin cădere la acționarea unor turbine hidraulice, atunci când vântul lipsește.

O altă formă de acumulare este acea electrică. Investițiile necesare însă pentru realizarea bateriilor de acumulatori electrici cât și cheltuelile de întreținere a unor astfel de instalații sunt mari.

S'au mai făcut propuneri de acumulare a energiei eoliene și sub forma comprimării în butelii metalice a oxigenului și hidrogenului provenit din electroliza apei, efectuată de către grupele electro-eoliene în timpul funcționării lor.

Deasemenea, au existat propuneri și de acumulări termice în rezervoare special izolate, conținând apă încălzită tot de către agregate electro-eoliene. Dar și aceste metode, pe lângă un randament propriu foarte mic, prezintă dificultăți foarte mari din punct de vedere financiar.

După cum vedem, problema acumulării energiei eoliene apare în momentul de față ca o problemă cu mult mai dificilă ca cea a aero-motorului însăși.

Se poate deci afirma că problema utilizării energiei vântului constă din problema aero-motorului plus problema acumulării energiei produse.

Deși înregistrând mari realizări în U.R.S.S., problema energiei eoliene în ansamblul ei nu este încă rezolvată satisfăcător și rămâne deschisă pentru cercetători, pentru oamenii de știință și tehnică.

Acestora le revine sarcina studiului intens și aprofundat, în vederea rezolvării complete a acestor două importante probleme gemene: problema motorului eolian, în sine, și problema acumulării energiei eoliene dată de aero-motorul respectiv.

Succesul este însă posibil, într'o formă acceptabilă și realmente practică, atât printr'o perfecționare a modului de adaptare a aero-motoarelor la situația reală a frecvenței inconstante a vânturilor, cât și printr'o adecuată interpretare a felului și scopurilor de utilizare a acestei energii eoliene.

Sub acest aspect, folosirea energiei eoliene va putea intra în rândul celorlalte feluri de energie, cu un aport de un real folos în anumite împrejurări și în anumite puncte geografice ale țării, putând realiza astfel economii în consumul surselor energetice din categoria celor mai prețioase.

In niciun caz însă, o astfel de sursă energetică inepuizabilă nu trebue abandonată din cauza unor dificultăți care pot fi în cele din urmă. înlăturate. Greutățile trebue învinse. Ca și celelalte bogății naturale, sursele de energie trebue cucerite prin luptă, prin muncă perseverentă.

Cu toate disponibilitățile existente ale atâtor surse de energie pe care le utilizăm azi, nu putem să trecem cu vederea și faptul că timp de trei pătrimi ale anului calendaristic, pe deasupra capetelor noastre, zi și noapte, se irosește în van o energie eoliană uriașă, se pierd nefolosite zeci de milioane CP, care — dacă ar putea fi captată măcar în parte și transformată în lucru mecanic util — ne-ar fi de un neprețuit folos.

Unii specialiști au arătat că energia eoliană de pe glob poate fi evaluată la de câteva ori suma tuturor energiilor provenite din celelalte surse cunoscute până azi.

După alți cercetători, vântul ar fi capabil să furnizeze anual 3/4 din energia globală, pe care ar putea s'o procure petrolul și gazele, timp de 2 000 de ani.

Faptul că această energie eoliană este extrem de răspândită în spațiu și faptul că de ea nu putem dispune în permanență, după un plan precis, constitue — după cum am mai arătat —

marea dificultate; dar tocmai în învingerea, măcar parțială, a acestei dificultăți, constă problema care este deschisă și care trebue atacată privind lucrurile într'un mod realist, adică formulându-ne o concepție și o interpretare adecvată situației de fapt, adecvată realității.

Energia vântului trebue utilizată, nu ca un isvor permanent de energie, ci ca o contribuție enrgetică intermitentă, neregulată, auxiliară, compensatoare și economisitoare a celorlalte surse de energie.

Această concepție trebue să stea la baza politicii de utilizare a energiei vântului și la această concepție trebue adaptată metoda utilizării energiei eoliene.

Pentru a ilustra efectul pozitiv al aplicării acestei concepții de utilizare a energiei vântului, combinată cu energia termică, vom arăta că, la o mare fermă de stat funcționează — pentru procurarea unei cantități destul de mari de apă necesară vitelor și irigației terenului de cultură — un modest motor de vânt, având roata cu un diametru de numai 3 m, în combinație alternată cu un motor cu explozie de circa 3 CP.

Datorită unei bune întreținere și judicioase utilizări, această mică roată eoliană a furnizat acelei gospodării în cursul anului 1949, circa 80% din cantitatea de apă necesară, restul de 20% fiind completat de către motorul cu explozie care a funcționat în timpul de calm atmosferic.

Astfel, 80% din apa furnizată la acea fermă, în 1949, a costat foarte puțin și numai 20% a fost furnizată cu costul de combustibil, de uzură și de întreținere a motorului cu explozie.

Acesta este un exemplu mic, izolat, dar care e perfect susceptibil de a fi generalizat și aplicat și pe o scară mai mare.

In spiritul acestei concepții de contribuție parțială a energiei eoliene, combinată cu utilizarea energiei termice sau hidraulice, s'au făcut studii și la noi în țară.

Valorificarea acestor studii însă, privind aplicarea principiului pe o scară mai mare, depinde de existența unui potențial eolian real la noi, de existența unor reale vaduri eoliene și de cunoașterea perfectă a acestora.

Printr'un vad eolian real, se înțelege o regiune geografică, fie de șes, fie muntoasă, bântuită cel puțin cu o frecvență de 80% din timp, de vânturi a căror viteză medie să depășească valoarea a 3—4 m/s, deci care să fie de circa 6 m/s.

O viteză de 3 sau chiar 4 m/s este prea mică pentruca să se poată trece la investițiile necesare pentru înființarea unor stațiuni de aeromotoare pe o scară mare. Un aero-motor destinat să lucreze într'un vânt de maximum 3—4 m/s reprezintă o instalație foarte costisitoare, cu un randament extrem de mic. Același motor eolian însă, lucrând într'un curent de aer cu o viteză mai mare, devine o instalație modestă însă cu un randament mare.

Să ilustrăm aceste afirmații cu exemple. Printr'un cerc imaginar în spațiu, având un diametru de 10 m, de exemplu, și considerat într'un plan perpendicular pe direcția vântului, va putea trece pe secundă, fie o energie cinetică eoliană extrem de mică, fie o energie care să poată fi luată serios în considerație, după tăria vântului.

Astfel pentru un vânt de 3 m/s, energia cinetică a masei de aer, exprimată în CP, ce ar trece prin acest cerc imaginar, în unitate de timp, va fi de 1,77 CP; pentru un vânt de 6 m/s această energie va fi de 14,16 CP; la un vânt de 12 m/s vom dispune de 113,28 CP și în fine pentru o viteză de 24 m/s energia va fi de 906 CP. Energia cinetică crește cu cubul vitezei.

Trebue să arătăm însă, că, în realitate, un aeromotor cu diametrul de 10 m nu va reda la arborele său exact aceste puteri și aceasta pentru trei motive:

Mai întâi orice motor eolian e caracterizat printr'un coeficient propriu de utilizare, reprezentând randamentul lui aerodinamic. Acest coeficient, deși foarte mare pentru motoarele eoliene moderne studiate în laboratoarele aerodinamice, e întotdeauna mai mic decât unitatea.

In al doilea rând discul măturat de paletele aeromotorului, disc cu diametrul de 10 m nu este lovit în realitate de vâna de aer în mișcare având același diametru, ci de o vână fluidă din amonte cu un diametru mai mic. Prezența aeromotorului în cercul nostru imaginar luat ca exemplu, produce așa zisul „efect de astupare" care face ca păturile circulare concentrice marginale ale vânei de aer ce vine spre aero-motor să nu treacă prin interiorul cercului de 10 m diametru, ci să-l ocolească pe dinafară. Astfel vâna de aer a cărei energie cinetică vine să antreneze aero-motorul nostru, are în amonte un diametru mai mic de 10 m. Numai dacă ar lipsi aero-motorul, întreaga vână de aer din amonte cu diametrul de 10 m ar putea traversa acest cerc imaginar, fără nici o ocolire.

In fine, în al treilea rând, ca o consecință a fenomenului de mai sus, viteza vântului pe discul măturat de palete este mult micșorată față de acea de la infinitul amonte, din cauza evazării vânei pe care o produce „efectul de astupare". Relația lui Bernoulli dintre viteze și presiuni precum și legea continuității și conservării debitului ne explică ușor acest lucru.

Toate acestea fac ca, în cele din urmă, motorul eolian să nu poată reda la arborele său decât circa 0,5 din energia vânei de aer în mișcare, pe care noi am calculat-o și indicat-o mai sus pentru cele câteva viteze.

Totuși, chiar acest randament final al motoarelor eoliene este mult superior celui al motoarelor termice; prin studii și cercetări experimentale ar fi posibil ca el să mai fie ameliorat.

In acest scop s'ar putea de exemplu, în primul rând, experimenta aplicarea la paletele

aero-motoarelor, a dispozitivelor de hipersustentație ale aripelor de avion, ca: fante de bord, de atac, fante mediane de profil, voleți cu fantă, aspirația „stratului limită" pe extradosul paletelor, „suflajul" stratului, etc. Această problemă constitue una din preocupările noastre.

S'ar mai putea, în al doilea rând, începe o serie de cercetări experimentale al căror scop să fie acela de a face ca, prin secțiunea circulară măturată de un aero-motor, să traverseze mase de aer luate din amonte, dintr'o secțiune cu mult mai mare ca a aero-motorului. Aceasta ar echivala atât cu o mărire a vitezei aerului în planul de rotație al aero-motorului, cât și cu atragerea unei cantități mai mari de energie din spațiu către acesta.

Și această posibilitate constitue una din preocupările noastre precum și a altor cercetători.

Toate acestea nu vor putea însă reprezenta mare lucru, fără existența în realitate a unui anumit potențial eolian natural, fără existența unor reale vaduri eoliene naturale dotate cu o viteză medie de cel puțin 5—6 m/s.

Cunoaștem noi existența în țara noastră a unor asemenea vaduri? Cunoaștem potențialul energo-eolian al țării?

In parte și imprecis!

Știința nu se poate mulțumi azi cu informațiile neprecise ale localnicilor din diversele regiuni ale țării. Pe baza acestora, precum și pe baza celor câteva exemple reale date de existența unor roți eoliene care funcționează în țară, se poate întreprinde cu perspective frumoase, investiții locale pentru realizarea unor modeste aero-motoare care să deservească diferite gospodării lipsite de posibilitatea folosirii energiei hidraulice sau prea mult izolate și depărtate de centralele termo sau hidroelectrice.

Pe scară mare însă, care pretinde mari investiții, nu se poate întreprinde nimic înainte de cunoașterea și stabilirea unei hărți precise a vânturilor care bântue țara noastră.

Documentele existente la Institutul Meteorologic Central ar putea da oarecare indicațiuni; cum însă aceste documente nu au fost alcătuite decât pe baza unor cerințe climatologice și nu în condițiunile cerute de tema energetică, ele nu pot satisface suficient cerințele problemei puse. De altfel nici nu s'a pus vreodată Institutului Meteorologic, problema aeroenergetică.

In vederea valorificării energiei eoliene în țara noastră, *se impune deci în primul rând o acțiune de determinare în cele mai bune condițiuni a potențialului eolian al țării noastre.*

Acest lucru nu e posibil decât prin așezarea în numeroase și diverse regiuni ale țării a unor *anemografe automate* care să fie montate în vârful unor stâlpi de lemn, la o înălțime de 8—10 metri și care să înscrie încontinuu, zi și noapte, caracteristicile vântului. Un asemenea anemograf, care să poată fi fabricat în serie la noi în țară, a fost deja studiat.

Rezultatele vor fi traduse sub forma unei hărți a vânturilor din R.P.R.; cu ajutorul acestei hărți ne vom putea da seama dacă e cazul să trecem la realizarea pe scară mare a instalațiilor eoliene, sau dacă trebue să ne mulțumim cu instalații modeste, acolo unde nu se dispune ușor de alte surse de energie, adică în locuri mai izolate, unde energia eoliană poate fi utilă.

Presupunând însă că în adevăr am dispune de astfel de vaduri eoliene, caracterizate printr'o suficientă frecvență a vântului precum și printr'o viteză medie de circa 6 m/s, cu titlul de curiozitate, este interesant a vedea ce energie s'ar putea culege din vânt, de către un anumit număr de aero-motoare care ar forma o centrală eoliană.

Respectându-se anumite distanțe între elementele eoline respective, care să asigure evitarea oricăror interacțiuni aerodinamice reciproce, dăunătoare, s'ar putea foarte bine ca pe un teren cu aria de 1 km² să se instaleze un număr de circa 150 aero-motoare cu diametrul de 10 metri fiecare.

Pentru un vânt cu intensitatea de 6 m/s un astfel de aero-motor va putea furniza o putere de circa 6 kW, ceeace ar reveni la 900 kW pentru întregul ansamblu.

Pentru vânturi de o durată mai scurtă dar de o intensitate mai mare, ca de exemplu de 10 m/s, această centrală eoliană ar furniza o putere de circa 4500 kW.

In ceeace privește ordinul de mărime al investițiilor necesare unei astfel de realizări, el nu poate fi evaluat decât pe baza unui proect. In orice caz, odată acest fond de investiții stabilit, el va trebui comparat cu acel necesar pentru o centrală hidro sau termoelectrică de aceeași putere, ținându-se bine înțeles seama în bilanțul final și de cheltuelile corespunzătoare de exploatare. In orice caz, costul de întreținere și durata de funcționare sunt hotărît în favoarea instalațiilor eoliene.

Presupunând însă cazul că în țara noastră nu am dispune de astfel de vaduri eoliene care să permită folosirea pe scară mare a energiei vântului, atunci fără a abandona complect acest izvor de energie, va rămâne ca să beneficiem de el pe o scară mai mică. Gospodăriile agricole colective și fermele de Stat vor fi astfel de beneficiari și în special acelea care geograficeşte sunt izolate de marile centre și depărtate de anumite centrale termo sau hidroelectrice, ori de liniile de transport de energie. Intr'un astfel de caz, aceasta este forma sub care va trebui ca oamenii noștrii de știință să continue studiul problemei eoliene. Și sub acest aspect problema prezintă multe teme interesante de studiat, asupra cărora nu putem insista în cadrul articolului de față.

In orice caz va trebui să se tindă la stabilirea a două sau trei tipuri de roți eoliene rurale, cât mai aerodinamice posibil, cât mai perfecționate, care să poată fi însă ușor construite

în condiții economice acceptabile în orice atelier mecanic sau de tâmplărie.

In afară de satisfacerea necesităților de alimentare cu apă pentru irigații, pentru incendiu, etc., astfel de modeste motoare eoliene ar mai putea furniza și curentul electric pentru luminatul acestor colectivități, precum și forța mecanică pentru măcinat și alte trebuințe care se pot satisface fără un plan riguros sau o cadență stabilită.

Apoi pentru agricultură, în anumite cazuri și locuri, astfel de roți de vânt ar mai putea fi utilizate în combinație cu existența perdelelor forestiere de protecție. Se știe că rolul acestor obstacole forestiere este acela de a frâna viteza vântului, atât de dăunătoare recoltelor. Această frânare nu reprezintă decât acumularea în aceste obstacole a unei mari cantități din energia vântului, fără ca ea să fie recuperată util. Ori și motorul eolian constitue tot un obstacol de frânare a vitezei vântului, cu simpla deosebire că energia eoliană absorbită de el este redată sub o formă utilă.

O combinație a acestor două feluri de obstacole ar putea fi utilă în anumite împrejurări.

Este bine cunoscut fenomenul aerodinamic că atât în vecinătatea superioară a vârfului acestor perdele forestiere, cât și în avalul unor spărturi, a unor întreruperi a acestora, viteza vântului devine, local, mai mare decât în infinitul amonte, adică decât în câmpia liberă.

Avându-se în vedere că puterea unui motor eolian crește cu cubul vitezei vântului și că deci o cât de mică creștere a acestei viteze se poate traduce practic printr'o simțitoare creștere a puterii motorului de vânt, ar fi interesant să se plaseze în aceste locuri din vecinătatea perdelelor forestiere, motoare eoliene. Aci ele ar funcționa în condiții mai bune decât în câmpia liberă.

Am studiat această chestiune. Atât din măsurătorile făcute pe teren de către anumiți cercetători cât și din cele din laboratorul aerodinamic, rezultă că în astfel de puncte din preajma perdelelor forestiere, viteza vântului crește cu 20% și chiar mai mult, după împrejurări. Această creștere de viteză locală este suficient de spațială pentru a încadra complect motoare eoliene având un diametru de 4—6 m. Calculându-se rezultatul funcționării unor asemenea aeromotoare plasate în astfel de puncte s'a găsit o creștere cu 75% a puterii respective. Aceasta reprezintă un frumos aport suplimentar. Un aeromotor care în câmpia liberă ar furniza, de exemplu, la un vânt oarecare o putere de 2 CP, plasat într'unul din punctele vecine unei perdele forestiere, așa cum s'a arătat mai sus, ar furniza o putere de 3,5 CP, datorită unei canalizări favorabile a vântului în aceste locuri.

Rolul unor astfel de aero-motoare ar fi deci dublu : atunci când suflă vântul, să pompeze apa din sol și chiar să o pulverizeze asupra terenului adăpostit de perdelele forestiere și în același timp să frâneze, în colaborare cu perdelele forestiere, viteza vântului. In acest mod însăși vântul uscat dăunător recoltelor va produce și va spulbera o ploae artificială în miniatură asupra terenului protejat. Experiența pe teren ne va arăta însă ce se poate obține în realitate, în acest mod.

Și fiindcă s'a reamintit cu această ocazie efectul pe care îl produce variația vitezei vântului asupra creșterii puterii unui motor eolian, creștere care este o funcție de valoarea la cub a acestei viteze, găsim prilejul de a sugera cercetătorilor noștri adoptarea unui principiu nou în concepția ansamblului motor eolian plus agregatul antrenat (generator electric sau pompă hidraulică). Acest principiu ar consta în abandonarea actualei formule de a se utiliza un aero-motor numai pe o gamă redusă de viteze ale vântului (cam dela 2 — 10 m/s) și de a se adopta principiul utilizării lui pe aproape întreaga gamă de variațiuni ale vitezei vântului, de la 3 — 30 m/s, de exemplu. Energia culeasă într'o oră de funcționare pe un vânt forte, poate echivala cu acea a funcționării continui pe timp de o lună de zile, cu un vânt normal, slab.

In acest caz aero-motoarele nu vor mai trebui să fie blocate sau camuflate pe timpul vânturilor tari, ci lăsate să absoarbă ocazional, la maximum, tot ceeace se poate din energia eoliană.

Pentru aceasta, aero-motoarele vor trebui să fie foarte robust construite și solid ancorate la sol. Aceasta nu e o problemă grea.

Marea greutate în adoptarea noii formule constă în rezolvarea problemei de realizare a unor generatori electrici și a unor pompe hidraulice care să se adaptaze cu un randament acceptabil la o mare variație a turației lor.

Problema ar mai putea fi rezolvată și prin intrarea în joc, în mod automat, a două sau trei de astfel de generatori sau de pompe, după tăria vântului. In orice caz, poate că s'ar găsi o soluție chiar sub forma unui compromis acceptabil.

Dar și aci ne lovim iarăși de problema formei de acumulare a energiei vântului. Problema acumulării acestei energii abundente trebue reluată și studiată în același timp.

Formula imediată și cea mai simplă este, pentru moment, tot acea a marilor bazine de acumulare sau a castelelor de apă.

In ceeace privește bravarea de către motorul eolian, a rafalelor violente, pe timpul funcționării lui la vânturi foarte puternice, metoda cea mai simplă, cea mai ușor realizabilă din punct de vedere mecanic și funcțional și cea cu efect mai rapid, este acea a autoașezării paletelor rotoare în „drapel".

CONCLUZII

1. Energia eoliană este o sursă importantă de energie. Adesea ea devine imensă.

2. Utilizarea energiei eoliene prezintă anumite dificultăți :

a) energia eoliană este prea dispersată în spațiu, fapt care cere utilizarea unor mașini

de captare şi de transformare în lucru mecanic, de dimensiuni prea mari sau într'un număr prea mare atunci când se utilizează motoare eoliene de dimensiuni acceptabile;

b) frecvenţa vânturilor este în general foarte neregulată;

c) viteza medie a vânturilor este în general prea mică la înălţimile dela sol, uşor abordabile;

d) ca o consecinţă a cauzelor de mai sus, utilizarea practică a energiei eoliene impune ccumularea ei sub o formă adecuată spre a autea fi apoi utilizată după trebuinţă şi atunci până atmosfera se află în stare calmă. Problema acestei acumulări nu este încă suficient rezolvată.

3. Ca o excepţie de la regula generală, există totuşi aproape în toate ţările anumite regiuni mai favorizate, dar puţine la număr, unde această energie eoliană este aproape permanentă şi mulţumitor de intensă. Aceste regiuni sunt aşa numitele „vaduri eoliene".

4. Motorul eolian modern, perfecţionat din punct de vedere aerodinamic, are un randament superior faţă de alte feluri de motoare şi este susceptibil de a fi încă perfecţionat.

5. Potenţialul energetic eolian general al ţării noastre precum şi „vadurile eoliene" din R.P.R. nu sunt încă precis şi ştiinţific cunoscute.

6. Fără cunoaşterea acestora şi fără a fo osi bogata documentaţie sovietică, întemeiată pe realizări în condiţii atmosferice de multe ori similare celor dela noi, nu este raţional de a se proiecta şi a se trece la realizarea unor instalaţii eoliene de mare putere.

7. Pentru moment se poate folosi energia eoliană pe o scară mică, cu instalaţii modeste şi ieftine, în gospodăriile agricole colective, în fermele de stat, izolate geograficeşte de centralele hidro sau termoelectrice şi care nu dispun nici de energia unor râuri mici apropiate. In acest caz energia eoliană se pretează numai în vederea irigaţiilor modeste şi a obţinerii unor cantităţi de apă potabilă necesară acestor feluri de gospodării, precum şi pentru alte trebuinţe mecanice care se pot adapta unei funcţionări intermitente.

8. Inainte de a ne gândi la proiectarea şi la realizarea unor instalaţii eoliene de mare putere care cer investiţii mari, este absolut necesar a se determina potenţialul eolian al ţării noastre, atât ca intensitate, ca frecvenţă, cât şi ca puncte geografice (vaduri eoliene). Este vorba de alcătuirea unei hărţi a vânturilor în R.P.R.

9. Acest lucru nu e posibil în mod ştiinţific decât cu ajutorul punerii în serviciu a unui mare număr de „anemografe" cu funcţionare automată, care să fie răspândite pe teritoriul ţării în diferite puncte, fixate fiind pe stâlpi de lemn la o înălţţime de circa 8—12 m de la sol, în plină şi liberă bătae a vântului.

10. De rezultatele unei astfel de munci de prospecţiune eoliană va depinde soluţia problemei folosirii energiei eoliene şi a temelor legate de ea: perfecţionarea aero-motorului, perfecţionarea acumulării energiei eoliene, crearea unor centrale aeroelectrice conectate cu centralele termo sau hidroelectrice, etc.

11. Studiul, proectarea şi realizarea uşoară şi ieftină în ţară a unor anemografe automate cu înscriere continuă, de tip original, formează primul punct al programului de activitate în atacarea problemei eoliene.

★

ВОПРОСЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Резюме

Излагаются в общих чертах вопросы валоризации ветроэнергии. Указывается значение и затруднения при использовании ветроэнергии и предлагается местное использование ветрового двигателя, изолированно или комбинированно с тепловым или гидравлическим двигателем; указывается необходимость исследования ветроэнергетического потенциала Р.Н.Р. (сила и периодичность ветров, географические точки, и т. д.) а также и использования советской документации для перехода к осуществлению ветроустановок большой мощности и сооружения ветроэлектрических станций присоединенных к ТЭС и ГЭС,

CENTRALE ELECTRICE CU MOTOARE DIESEL

Ing. COSTIN MOȚOIU

Se arată locul centralelor eleetrice cu motoare Diesel în cadrul politicii energetice a R.P.R., avantajele lor pentru alimentarea centrelor izolate și a marilor șantiere precum și ca cenirale de vârf, de rezervă și de siguranță. Se tratează probleme constructive, de echipament, de alimentare cu combustibil și recuperarea căldurii prin apa de răcire în 'centralele electrice cu motoare Dicsel.

In perioada anterioară anului 1944, s'au instalat la noi în țară centrale electrice cu motoare Diesel, totalizând circa 25% din totalul puterii instalate și producând 14,5%...20% din totalul energiei.

Cauzele care au stat la baza acestei desvoltări sunt următoarele :

a) lipsa de preocupare a regimului burghezo-moșieresc pentru o politică de utilizare justă a combustibililor superiori precum și tendința de a realiza cu investiții minime instalații rentabile și rapid amortizabile ;

b) stadiul înapoiat al electrificării țării, lipsa unor mari centrale termo și hidroelectrice și a unei întinse rețele de transport ; specificul consumatorilor din orașele țării noastre impuneau în majoritatea cazurilor o curbă de sarcină în care predomina luminatul, cu puteri cerute mici și cu o utilizare foarte slabă datorită vârfurilor și golurilor pronunțate și făcea necesară instalarea de centrale electrice locale, de putere mică, dar cu posibilități foarte variate de acoperire a curbei de sarcină. In aceste centrale, motoarele Diesel își găseau un larg câmp de aplicare, în țara noastră combustibilii lichizi fiind din abundență și putând fi transportați cu ușurință în orice punct al țării.

In articolul de față, se analizează problemele speciale de construcție a centralelor electrice cu motoare Diesel și se studiază rolul și poziția centralelor Diesel în lumina politicii energetice de rațională folosire a combustibilului, cuprinsă în planul de electrificare a R.P.R.

1. PROBLEMA ECHIPAMENTULUI

Folosirea motorului cu combustie internă pentru producerea de energie electrică s'a făcut încă din primii ani de încercări în construcția acestor mașini. Tipurile de motoare folosite au fost motoarele cu gaze și motoarele Diesel.

Motoarele cu gaze s'au întrebuințat pe scară largă la sfârșitul secolului XIX ; astăzi însă, din cauza dimensiunilor mari și din cauza inferiorităților, din punctul de vedere al randamentului, față de motoarele Diesel, ele sunt practic eliminate fiind folosite excepțional numai acolo unde, în urma unui proces tehnologic, se dispune de gaze combustibile ca resurse energetice secundare.

Primele motoare Diesel au apărut în centralele electrice imediat după anul 1900, și la început s'au construit de tipul în 4 timpi, având puteri reduse, sub 500 CP. Constructiv aceste motoare împrumutau majoritatea elementelor dela mașinile cu abur verticale de tip marin.

Printre primele motoare Diesel adaptate pentru producerea de energie electrică, au fost motoarele construite de fabrica de motoare din Petersburg, azi uzinele „Ruski Diesel" Leningrad.

Perfecționările tehnice aduse motoarelor Diesel pentru centrale electrice în decursul celor 50 ani care au urmat au urmărit în deosebi următoarele obiective :

— crearea unui motor robust și sigur, care necesită revizii cât mai puține ;

— reducerea dimensiunilor motorului pentru a obține economii de materiale și a reduce prețul ;

— îmbunătățirea randamentului motorului, reducând consumul de combustibil.

a) Caracteristici constructive ale motoarelor Diesel pentru centrale electrice

Cel mai mare motor Diesel construit până în prezent are o putere de 22.500 CP, unitățile curente de motoare pentru centrale electrice nedepășind deobiceiu 3500 CP.

Numărul de cilindri la aceste motoare este limitat constructiv la 12 ; în mod uzual se realizează însă motoare de 6, 8 și 10 cilindri. Dintre aceste motoare, în ultimul timp motoarele cu 6 cilindri la care forțele de inerție de ordinul I sunt complet echilibrate, au o răspândire foarte mare. In tehnica modernă motoarele cu 5, 7, 9 cilindri, utilizate uneori în trecut nu se mai construesc.

Din motive de siguranță în exploatare și de durată a motorului, motoarele Diesel întrebuințate la antrenarea generatorilor electrici sunt lente, având turații scăzute. In trecut, aceste motoare lucrau la turații între 115 și 187 rot/min., arareori atingându-se 300 rot/min la unități mici.

Tendința generală actuală este aceia a creșterii turației. Imbunătățirile constructive ale organelor mobile, folosirea unor materiale cu rezistență mai ridicată precum și perfecționarea ungerii motorului, permit astăzi să se ridice turația și să se admită viteze de translație mai mari pentru piston, precum și viteze mai mari în lagăre, fără a avea coeficienți de uzură prea rapizi. In această privință, tehnica construcției motoarelor stabile pentru centrale electrice a fost influențată și a urmărit evoluția motoarelor Diesel marine.

Pentru aceeaşi putere, motoarele mai rapide au dimensiuni mai mici şi o greutate mai redusă decât motoarele lente. Din această cauză apare o primă economie de material la construcţia motorului. Se economiseşte totodată şi investiţia în construcţii deoarece motorul rapid are nevoe de un spaţiu mai redus pentru montaj şi deservire.

Din cauza greutăţii mai mici a motorului precum şi din cauza greutăţii mai mici a pieselor în mişcare, fundaţiile motoarelor rapide sunt mai reduse ca dimensiuni şi mai puţin adânci decât fundaţiile motoarelor lente, ceeace aduce serioase avantaje în ceeace priveşte construcţia centralei şi posibilităţile de amplasare pe diferite terenuri.

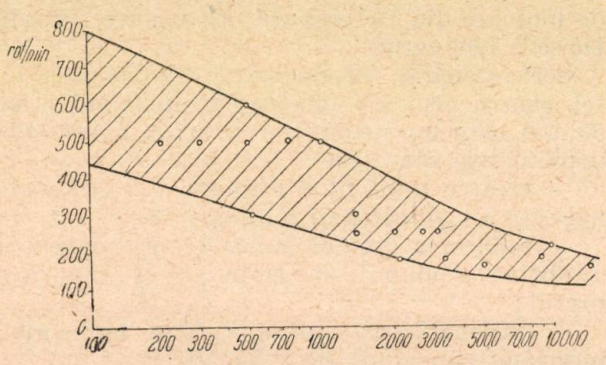


Fig. 1. Turaţia motoarelor Diesel pentru centrale electrice.

In fig. 1, este redată turaţia motoarelor Diesel folosite în centrale electrice. Zona haşurată reprezintă turaţiile uzuale.

Dimensiunile de gabarit ale motoarelor Diesel inclusiv generatorul sunt aproximativ următoarele :

Tabela 1

Puterea	kW	500	1000	3000	5000
Turaţia.	rot/min	250	214	187	187
Lungimea.	m	9	13,5	14,5	15,5
Lăţimea.	m	5	6	6,5	7
Înălţimea	m	3	4	6,5	6,5

Aceste dimensiuni condiţionează suprafaţa sălii în care urmează a se instala motorul.

Pe verticală, motorul Diesel necesită o cotă minimă pentru a face posibilă extragerea din cilindru a pistonului şi a bielei, ceeace deasemeni condiţionează înălţimea clădirii respectiv înălţimea de ridicare a podului rulant.

Piesele cele mai grele ale unui motor Diesel care determină puterea maşinilor de ridicat ajutătoare pentru montaj sunt : batiul motorului, statorul şi rotorul generatorului.

La un motor modern de 1000 CP, piesa cea mai grea este de cca 8 tone, iar la un motor de 3000 CP, piesa cea mai grea este de cca 20 tone.

In timpul exploatării, greutatea maximă a pieselor care se montează şi demontează în mod curent este cu mult mai redusă, ea atingând cca 1500 kg la motorul de 1000 CP şi 3000 kg la motorul de 2000 CP.

Având în vedere aceste sarcini, este necesar ca motoarele instalate în centrale electrice cu putere unitară mai mare decât 500 CP, să fie deservite cu ajutorul podurilor rulante dimensionate pentru sarcina maximă de montaj — eventual având un al doilea cârlig dimensionat pentru sarcina maximă din timpul exploatării. Pentru motoarele Diesel mai mici, este neeconomică investiţia în poduri rulante speciale pentru deservirea motorului. In acest caz, practica a arătat că este suficientă la revizii folosirea scripeţilor instalaţi deasupra motorului, fixarea lor făcându-se pe un profil metalic montat la suficientă înălţime deasupra axului motorului.

Motoarele Diesel se construesc de tipul în patru timpi pentru puteri până la 1500 CP. Motoarele mai mari sunt de obiceiu motoare în doi timpi.

Din punct de vedere al folosirii în centrala electrică, motoarele în patru timpi sunt mai grele iar la greutate egală ele desvoltă aproximativ 60% din puterea motoarelor în doi timpi. Motoarele în 4 timpi au însă o funcţionare foarte regulată şi sigură. Motoarele în doi timpi, cu toate că sunt mai simple, din cauza încărcării termice mai mari conduc în exploatare la dificultăţi mai mari decât motoarele în patru timpi, în special în ceeace priveşte injectoarele şi clapetele de aer.

Consumul de combustibil la motoarele în doi timpi este cu 2—5% mai mare decât consumul motoarelor în patru timpi care lucrează cu un randament superior. Consumul de ulei este deasemeni mai mare la motoarele în doi timpi faţă de motoarele în patru timpi, o parte din uleiul de uns fiind evacuat din cilindru în momentul baleiajului, odată cu gazele arse.

Sistemul de alimentare cu combustibil şi sistemul de injecţie au suferit, în decursul desvoltării motoarelor Diesel pentru centrale electrice, modificări simţitoare.

Până în anul 1930 s'au utilizat la motoare injecţia pneumatică (motoare cu compresor) care realiza împrăştierea şi pulverizarea combustibilului cu ajutorul aerului comprimat injectat odată cu combustibilul în cilindru.

Acest sistem de injecţie necesită o presiune dată de pompa de injecţie de 70—100 ata, iar pentru aerul de insuflaţie o presiune de 40—70 ata, făcând necesar ca pe motor să s instaleze un compresor de aer. Motoarele cu compresor sunt foarte robuste şi insensibile la variaţia calităţii combustibilului, însă au un randament mai scăzut, deoarece o parte din energie produsă de motor este consumată de compresor. In centralele electrice, motoarele de acest tip care sunt şi azi în funcţiune au permis schimbarea radicală a combustibilului, trecând dela arderea motorinei la arderea păcurei, fără modificări însemnate şi fără a cere metode speciale de purificare a combustibilului.

Injecția mecanică (motoare fără compresor) a fost introdusă la toate motoarele Diesel construite după anul 1930. Acest sistem crează finețea necesară pulverizării combustibilului făcând să treacă lichidul combustibil comprimat la o presiune foarte ridicată 150—300 ata, prin orificiile calibrate, de dimensiuni foarte mici ale injectorului. Cu ajutorul injecției mecanice se realizează în motorul Diesel o instalație de combustibil simplă care conduce la un randament general mai bun, eliminându-se compresorul. Economia de combustibil realizată de motoarele cu injecție mecanică este de 6—10%.

Motoarele cu injecție mecanică snnt mai sensibile, întreg sistemul de injecție care lucrează la presiuni foarte ridicate fiind delicat. Combustibilul necesar acestor motoare trebue să aibe un grad de puritate ridicat pentrucă suspensiile mecanice uzează orificiile injectoarelor și elementele pompelor de injecție.

La motoarele mari din centralele electrice. fiecare cilindru are pompa sa proprie de injecție, comanda și acționarea tuturor pompelor făcându-se însă în comun.

Camera de ardere la motoarele stabile este cu injecție directă, folosirea antecamerelor, a camerelor de turbulență sau de rezervă de aer, uzuale la motoarele rapide de tracțiune, nefiind necesară, deoarece din cauza dimensiunilor mari ale cilindrului și a timpului mai lung pentru efectuarea amestecului de combustibil și aer acesta se face în condițiuni mulțumitoare într'o cameră de ardere simplă, fără dispozitive ajutătoare.

b) Supraalimentarea motoarelor Diesel

Mărirea puterii motorului Diesel este posibilă în condiții foarte raționale prin mărirea presiunii medii efective a ciclului. Aceasta se obține prin mărirea cantității de combustibil injectată în cilindru la fiecare ciclu motor. Pentru a face posibilă arderea acestei cantități mărite de combustibil, este necesar să se admită o cantitate sporită de aer.

In mod normal, coeficientul de umplere (randamentul volumetric) al unui motor în patru timpi este 0,7...0,8. Acest coeficient poate să fie crescut până la valoarea de 1...1,2 dacă se admite în cilindru aer sub presiune, comprimat în prealabil cu ajutorul unui compresor.

Presiunea obișnuită de supraalimentare la motoarele din centrale electrice este de 1,2...1,4 ata. In acest caz se realizează o creștere de putere de aproximativ 30% și o ridicare a presiunii medii efeetive dela 5...7,5 kg/cm² până la 7,5...11 kg/cm².

Deoarece se pornește dela o presiune mai mare a aerului, este necesar să se reducă raportul de compresie pentru a nu se ajunge la o presiune de ardere mai ridicată în motorul Diesel supraalimentat. Raportul de compresie la motoarele prevăzute cu supraalimentare este de 13...18 în timp ce raportul de compresie la motoarele normale este de 14...20.

Diagrama indicată a unui motor supraalimentat (*a*) și diagrama aceluiaș motor fără supraalimentare (*b*) sunt redate în figura 2.

In fig. 3 este arătată temperatura gazelor arse la colectorul de evacuare a unui motor

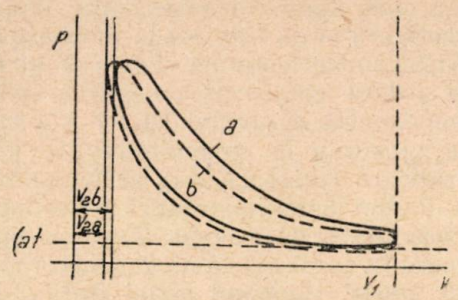


Fig. 2. Diagrama indicată a ciclului unui motor Diesel supraalimentat (*a*) și a unui motor Diesel nesupraalimentat (*b*)

fără supraalimentare și un motor supraalimentat cu suprapunerea deschiderii supapelor. In partea inferioară a diagramei sunt trasate curbele de consum specific ale motorului în ambele cazuri.

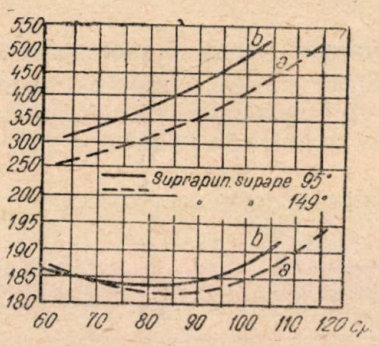


Fig. 3. Variația temperaturii gazelor arse și variația consumului specific cu sarcina la un motor supraalimentat *(a)* și nesupraalimentat *(b)*

Realizarea presiunii de aer la alimentare se face cu ajutorul compresoarelor și anume compresoare cu pistoane, compresoare volumetrice rotative sau turbocompresoare centrifugale. In tehnica modernă s'a impus ca mijloc foarte rațional și simplu pentru supraalimentarea motoarelor în patru timp, turbocompresorul centrifugal.

Antrenarea compresorului are loc cu ajutorul unei turbine cu gaze cu un singur etaj așezată în calea gazelor arse. Această turbină destinde gazele arse care se găsesc în colectorul de evacuare la presiunea de aproximativ 1,2—1,3 ata până la presiunea atmosferică; din cauza destinderii are loc și o scădere a temperaturii gazelor.

Turația grupului turbocompresor este foarte ridicată, de ordinul a 15000—25000 rot/min.

Din practica ce avem în țară în materie de motoare snpraalimentate, rezultă că acestea se comportă foarte bine în exploatare, sunt foarte suple și se adaptează imediat sarcinei,

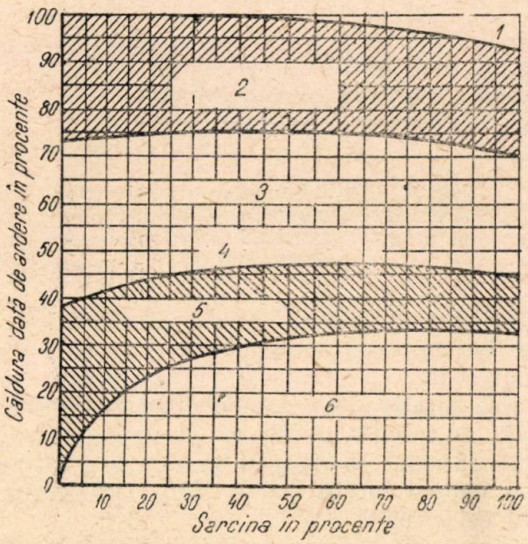
fiind cele mai potrivite la funcționarea în regim variat. Turbocompresorul este robust și la controlul după o perioadă de funcționare de 5000—10 000 ore, nu se constată nici cele mai mici uzuri la paletele turbinei sau ale compresorului. Comportarea excepțională a turbocompresoarelor așa cum apare din experiența exploatării este favorizată și de folosirea la motoare a unui combustibil curat, motorină, și care să nu producă prin ardere cocsificări sau sguri solidificate.

In construcția motorului Diesel, s'a încercat mărirea presiunii de supraalimentare până la valori ridicate (peste 2,5 ata), astfel că turbina cu gaze devine foarte importantă și produce cantități însemnate de energie. Turbina cu gaze se cuplează în acest caz cu un generator electric, motorul Diesel căpătând astfel dublul rol de generator de gaz pentru instalația turbinei cu gaze și producător de lucru mecanic la arbore.

La motoarele în doi timpi, supraalimentarea se face mărindu-se presiunea de baleiaj. In unele construcții de motoare Diesel mari, pompa de baleiaj lucrează într'un singur etaj până la o anumită valoare a sarcinei; dela această valoare în sus, intervine al doilea etaj al compresiunei la pompă și motorul se supraalimentează.

c) Bilanțul termic al motorului Diesel

Repartiția energiei termice produsă prin arderea combustibilului în cilindrul unui motor Diesel este arătată în bilanțul termic din fig.4.



Dig. 4. Bilanțul termic al unui motor Diesel în 4 timpi
1 — pierderi prin radiație; *2* — căldură evacuată cu gazele arse; *3* — căldură dată apei de răcire; *4* — putere indicată; *5* — pierderi prin frecări; *6* — putere efectivă.

Repartiția procentuală a energiei după cum rezultă din diagrama bilanțului termic, variază cu sarcina.

Se observă că randamentul cel mai mare are loc aproximativ la 80% din sarcina maximă a motorului. In acest caz randamentul efectiv al unui motor Diesel lent cu injecție mecanică este de 33—40%; pentru motoarele supraalimentate acest randament este de 33—37%. Cel mai ridicat randament obținut cu ajutorul unui motor Diesel a fost de 42%. Aceste randament este superior randamentelor centralelor termoelectrice cu abur precum și randamentelor uzuale pentru instalații de turbine cu gaze funcționând cu temperaturi maxime de 550—600°C.

Randamentele motoarelor cu gaze se cifrează la 27—31%.

La sarcina optimă, repartiția energiilor la un motor în 4 timpi cu injecție mecanică este următoarea:

Tabela 2

Energie utilă la arbore	34%
Energie pierdută în frecări	8%
Pierderi în apa de răcire	23%
Pierderi de căldură în gazele de ardere	26%
Pierderi de căldură prin radiație și prin scăpări de gaze	9%
Total	100%

Având în vedere că energia pierdută prin frecări, se transformă în căldură și se cedează apei de răcire, fie direct, fie prin intermediul uleiului, se poate socoti pentru exemplul dat că, din totalul energiei termice desvoltate prin arderea combustibilului, 34% este energie transformată în mod util, 31% este căldură cedată în apa de răcire și 35% este căldură evacuată prin gazele de ardere sau radiată.

In general, se poate estima în mod aproximativ pentru motoarele Diesel, că din căldura produsă de combustibil, 1/3 este transformată în energie mecanică la arborele motorului, 1/3 este evacuată în apa de răcire și 1/3 este evacuată în gazele de ardere.

La motoarele în doi timpi, unde cilindrul este puternic spălat de curentul de aer în momentul când pistonul descoperă ferestrele de spălare și evacuare, are loc și o răcire a suprafeții cilindrului. După cum am arătat anterior, la motoarele în patru timpi supraalimentate, supapele de admisie și evacuare rămân deschise împreună un timp, în care aerul sub presiune traversează cilindrul, mătură gazele de ardere și produce o răcire a supapelor și a pistonului. In aceste cazuri, se mărește procentul de căldură din gazele de ardere și se micșorează căldura evacuată în apa de răcire. Se consideră că gazele de ardere și pierderile prin radiație evacuează în acest caz 38% din căldura totală, iar apa de răcire 24%.

Totodată însă, temperatura gazelor de ardere la motoarele în doi timpi și motoarele supraalimentate este mai mică decât temperatura gazelor de ardere la motoarele obișnuite în 4 timpi.

Temperatura maximă la motoarele supraalimentate și motoarele în doi timpi atinge valori cuprinse între 300 și 350°C.

Temperatura maximă la motoarele în patru timpi atinge 450—500°C.

Cifrele arătate în tablou și discutate mai sus se referă la sarcina optimă. La sarcina maximă, randamentul motorului este ceva mai scăzut,

nră utățindu-se condițiile de ardere a combustibilului în cilindru din lipsă de aer. In caz de suprasarcină, puterea este limitată de posi-

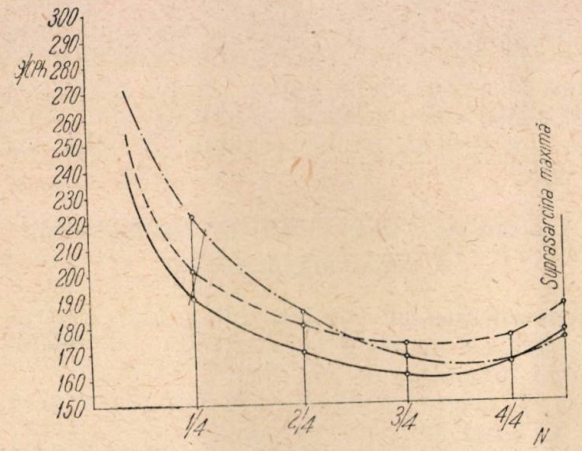


Fig. 5. Variația consumului specific de combustibil cu sarcina.

bilitatea arderii complete în cilindru a combustibilului injectat.

De îndată ce începe să aibe loc în motor o ardere imperfectă, se observă la evacuare un fum negru gros care trebue evitat fiind dăunător pieselor motorului.

Consumul de combustibil cu o putere calorifică mai mică de 9600—10 000 kcal/kg, corespunzător randamentului dela sarcina optimă este de 160—190 g/CPh.

La scăderea sarcinei, consumul crește, după cum rezultă și din diagrama din fig. 5.

Din exploatarea motoarelor Diesel în centralele electrice rezultă ca valori statistice următoarele cifre medii anuale :

— Consum de combustibil la motoare Diesel noi cu injecție mecanică, folosite cu coeficient mare de utilizare '. . . . . 190—200 g/CPh

— Consum de combustibil la motoare ca cele de mai sus, întrebuințate în perioade de vârf, cu utilizare redusă . . . . 200—220 g/CPh

— Consum de combustibil la motoare vechi cu grad de uzură mai avansat, eventual cu injecție pneumatică . . . . .210—250 g/CPh.

Dacă în loc de motorină ,se folosește drept combustibil păcură, trebue contat pe un consum specific mai ridicat cu aproximativ 5—10% din cauza pierderilor la prepararea combustibilului.

Consumul de combustibil al motoarelor Diesel variază foarte puțin cu puterea nominală a motorului, randamentul acestei mașini fiind aproape constant independent de mărimea unității, ceeace diferențiază fundamental motoarele Diesel de turbinele cu abur unde randamentul crește simțitor cu creșterea puterii unitare.

Din cauza prețului ridicat al uleiului, costul materialului de ungere intervine în cheltuelile de exploatare cu o cotă importantă. La motoarele uzate care au un consum de 5—7 g/CPh de ulei, costul ungerii motorului egalează costul combustibilului.

Economia de ulei necesară realizării unui preț scăzut de producere a energiei electrice cu ajutorul motoarelor Diesel, impune supravegherea strictă și reglarea atentă a consumului de ulei precum și curățirea permanentă a uleiului în vederea menținerii capacității sale de ungere și a măririi timpului la care se schimbă complet cantitatea de ulei din carterul motorului.

Sistemele de filtrare și regenerare folosite la circuitul de ulei al marilor motoare din centralele electrice constau de obicei din filtre fine de pânză sau pâslă și centrifuge de ulei.

Filtrele fine de pânză sau pâslă sunt așezate în serie în circuitul de ulei, tot uleiul din circuit fiind obligat a trece prin filtre.

Aparatele de centrifugat uleiul se instalează de obicei în derivație față de circuitul principal și sunt dimensionate astfel încât după un interval de timp, tot uleiul din carter să fie trecut prin centrifugă. Debitul centrifugei este însă simțitor mai mic decât debitul de uleiu din circuitul principal.

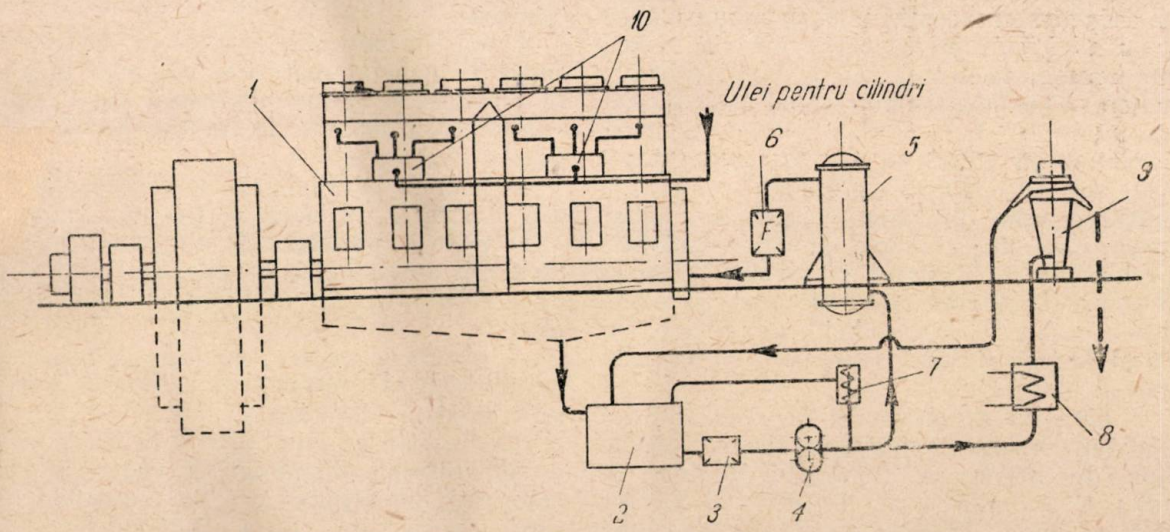


Fig. 6. Schema circuitului de ulei la un motor Diesel de centrală electrică :

1 — motor Diesel; *2* — rezervor ulei; *3* — primul filtru; *4* — pompă de ulei; *5* — răcitor de ulei; *6* — filtru fin; *7* — Supapă de siguranță; *8* — preîncălzitor de ulei (la centrifugă); *9* — centrifugă; *10* — pompe pentru ulei de cilindru.

In fig. Nr. 6 este arătată schema de ungere a unui motor Diesel de centrală electrică.

d) Pornirea motoarelor Diesel din centralele electrice

Sistemul de pornire a motoarelor Diesel folosite pentru antrenarea generatorilor electrici, astăzi generalizat, este pornirea cu ajutorul aerului comprimat.

In primele momente, la punerea în mișcare, motorul este acționat cu ajutorul aerului comprimat de presiune 25—40 ata aflat în buteliile de pornire. Se preconizează în general ca fiecare motor dintr'o instalație să aibe rezerva proprie de aer, cu posibilitate de folosire în comun a acestei rezerve. Rezerva de aer comprimat se obține în mod obișnuit cu un compresor instalat direct pe motor, iar pentru siguranță se prevede și un mic grup motocompresor de demaraj.

Pornirea motorului Diesel în bună stare de funcționare se face în 10—40 s. Perioada de demaraj până la punerea mașinii în paralel și încărcarea la plină sarcină este de ordinul 5—7 minute. Acest timp foarte scurt reprezintă unul din avantajele cele mai însemnate al motorului Diesel pentru producerea de energie electrică.

e) Ungerea motorului

Ungerea corectă a organelor motorului este de importanță primordială pentru asigurarea bunei funționări, a siguranței în exploatare și a prelungirii vieții instalației.

Față de celelalte mașini cu ardere internă, motorul Diesel are sarcini termice și mecanice mai mari, din cauza raportului de compresie mare și cere o ungere foarte atentă a organelor mobile.

La motoarele mari pentru centrale electrice, din cauza condițiilor speciale care se impun la ungerea cilindrului, acesta se unge separat; există două sisteme independente de ungere:

1. — Ungerea arborelui cotit și a tuturor pieselor în mișcare cu excepția cămășii cilindrului se face cu ulei sub presiune, în circuit închis. Uleiul necesar trebue să fie de bună calitate, cu indice DD ridicat și cu o vâscozitate mijlocie, aproximativ 10° E la 50°C, ceeace corespunde unui ulei după STAS de 410 sau 413 (STAS 751/49) sau 312 (STAS 1179/50).

Folosirea unui ulei prea vâscos este defavorabilă unei ungeri bune, deoarece mai ales la perioadele de demaraj și sarcină parțială când motorul este rece, uleiul nu poate pătrunde în debit suficient prin orificiile de ungere, cu toată presiunea ridicată a pompei, ceeace este dăunător motorului.

2. — Ungerea cilindrului se face cu ajutorul unui sistem separat de ungere în circuit deschis. Pompa de ungere a cilindrului împinge în cilindru o anumită cantitate de ulei perfect reglată ca debit, dar care se pierde, fiind arsă odată cu combustibilul. Calitatea uleiului de cilindru este diferită de a uleiului din sistemul general de ungere, fiind necesar aci un ulei mai vâscos și cu punct de inflamabilitate ridicat.

Consumul de ulei al unui motor Diesel este de 1,25—3 g/CPh pentru motoarele în bună stare de funcțiune. Cifrele cele mai mici se referă la motoarele în patru timpi, cifrele mai mari pentru motoarele în doi timpi, care, după cum am arătat, au un consum de ulei mai ridicat.

2. PROBLEMA ALIMENTĂRII CU COMBUSTIBIL A MOTOARELOR DIESEL

Alimentarea cu combustibil a unei centrale electrice cu motoare Diesel trebue să îndeplinească următoarele condițiuni esențiale:

a) să asigure o alimentare fără întrerupere, cu un grad suficient de siguranță;

b) să asigure o calitate potrivită de combustibil pentru nevoile unei bune exploatări a motorului.

Instalațiile de combustibil ale unei centrale electrice cu motoare Diesel cuprind: 1) stația de descărcare a combustibilului din vagoanele cisternă; 2) depozitul de stoc al centralei, dimensionat pentru acoperirea nevoilor de combustibil pentru funcționarea la plină sarcină pe timp de 15—30 zile a întregii instalații; 3) stația de preparare și pompare a combustibilului cuprinzând filtrele, aparatele de curățire a combustibilului, încălzitoarele și pompele necesare pentru aducerea combustibilului în sala mașinilor și 4) instalațiile interioare de combustibil din sala de mașini cuprinzând rezervoarele de zi (dimensionate pentru funcționarea pe timp de 4—8 ore a motoarelor) precum și toate pompele și aparatura pentru a aduce eombustibilul până la pompa de injecție a motorului.

Combustibilii întrebuințați la motoarele Diesel din centralele electrice sunt produse petrolifere mai greu volatile (motorină) sau resturi din procesul de distilare și rafinare a petrolului (păcură).

Motoarele lente din centralele electrice consumă în general motorina cea mai grea care se produce și anume motorină tip C sau D.

Păcura utilizabilă la motoarele Diesel de putere mare poate fi:

— păcură parafinoasă necracată, rezultată din distilarea primară a țițeiului parafinos;

— păcură parafinoasă din reziduri, rezultată din amestecul a diverse fracțiuni și reziduri ce se obțin din prelucrarea țițeiului parafinos;

— păcură de cracare, rezultată ca rezidu după descompunerea termică și catalitică a păcurii prin procesul de cracare.

Păcura este un combustibil la fel de valoros ca și motorina din punct de vedere al puterii calorifice, dar utilizarea ei, la motoarele Diesel este greoaie din cauza conținutului relativ mare de impurități și din cauza vâscozității mari la temperatura ambiantă.

Din cauzele arătate mai sus folosirea păcurii la motoarele Diesel atrage o uzură mai rapidă a pistoanelor și segmenților, a cilindrilor în partea lor superioară precum și întregii instalații de injecție a combustibilului.

Un rol însemnat în producerea acestor uzuri îl au suspensiile mecanice din combustibil, conținutul de sulf precum și cocsificările care au loc la arderea păcurii.

Motoarele de putere mică, având orificiile injectorului de calibru redus nu pot funcționa cu păcură în condițiuni mulțumitoare; folosirea păcurei este rațională din punct de vedere al exploatării abia pentru motoare cu o putere unitară dela 500 CP în sus.

Deasemenea, la motoarele rapide, supraalimentate, cu injecție mecanică, mai delicate în exploatare, este bine să nu se folosească păcura decât la unități mai mari de 1000 CP.

Dintre calitățile de păcură indicate mai sus, păcura parafinoasă reprezintă din punct de vedere al uzurilor în motor, combustibilul cel mai bun deoarece parafina are proprietăți de ungere. Utilizarea păcurii parafinoase mai ales în motorul rece conduce însă la depuneri de combustibil solidificat pe conductele de injecție și în sistemul de injecție în general, ceeace necesită demontarea și curățirea periodică a acestuia.

Pornirea și oprirea motoarelor care funcționează cu păcură trebue făcută cu un combustibil mai ușor, adică cu motorină, pentru a elimina funcționarea motorului rece cu un combustibil de vâscozitate mare precum și pentru a evita înghețarea păcurei în conductele de combustibil ale motorului în stare de repaus. Din datele actuale se consideră că la o centrală electrică care folosește păcură, consumul de combustibil secundar, de pornire, este de cca 10% din consumul de combustibil principal.

Pentru a fi întrebuințată în bune condițiuni, păcura trebue preparată înainte de folosirea ei în motor și anume trebue:

— curățită de impurități mecanice și apă

— încălzită la o temperatură de cca 70—80°C astfel încât să ajungă la pompa de injecție cu o vâscozitate potrivită.

Motoarele Diesel trebue să funcționeze în tare de regim cu un combustibil având o vâscozitate între 1,25°E și 3,5°E, maximum 4,5°E. Fabricile constructoare prescriu ca vâscozitate maximă în perioada de demaraj cifra de 11°E.

Depășirea valorilor de vâscozitate prescrise provoacă solicitări mari ale organelor de injecție, uzuri premature ale pompei de injecție și înfundarea orificiilor injectorului, ceeace are ca rezultat o pulverizare proastă și deci o ardere incompletă. Scăderea vâscozității sub limita inferioară recomandată, atrage scăpări prin neetanșeitate la pompele de injecție, conducând la o presiune mică de injecție și ca rezultat tot la o pulverizare necorespunzătoare.

Trebue deasemenea menționat că păcura având un punct de congelare cuprins între 25—42°C trebue încălzită pe tot circuitul din centrala Diesel, dela descărcare și până la intrarea în motor, ceeace atrage după sine un consum permanent de căldură precum și măsuri suplimentare de încălzire a rezervoarelor și conductelor.

Curățirea păcurii de impurități și apă se poate face prin decantare, prin centrifugare sau prin filtrare.

Din metodele arătate mai sus, filtrarea are loc ca o măsură de prevedere la intrarea în motor, independent de combustibilul folosit; în gospodăria de păcură a centralei urmează deci a se prepara combustibilul fie prin decantare fie prin centrifugare.

Decantarea păcurii se face în rezervoare speciale, încălzite, cu posibilități de evacuare a combustibilului în diferite puncte pe verticală. Operația este ieftină și eficace, necesită însă rezervoare de decantare mari și timp mult pentru separarea apei și a impurităților. Procedeul este astăzi aplicat la câteva centrale cu motoare Diesel din R.P.R. și dă rezultate bune în exploatare mai ales pentru motoare de putere foarte mare; este însă necesar a fi aplicat cu multă prudență la motoarele cu injecție mecanică de putere mijlocie.

Centrifugarea păcurii pentru separarea impurităților realizează o curățire teoretică mai bună decât decantarea, necesitând totodată un timp mai scurt și un spațiu mai restrâns. Apar însă în acest procedeu aparatele de centrifugare, care lucrează la o turație foarte mare și care sunt delicate în exploatare.

Extinderea instalațiilor de centrifugare la motoarele Diesel care folosesc drept combustibil păcura este o urmare a desvoltării motoarelor Diesel marine folosind combustibili grei. Experiența câștigată la prepararea combustibilului pentru aceste motoare și care impune folosirea unor instalații ușoare și ocupând un volum redus, este unul din factorii care imprimă astăzi tendința de a se folosi din ce în ce mai mult aparatele de centrifugare a păcurii la prepararea combustibilului în centralele Diesel electrice.

Inainte de a fi introdusă în separatorul centrifugal păcura se încălzește până la aprox. 80°C pentru a avea o fluiditate cât mai mare în timpul separării. Nu este permis a se atinge temperaturi mai ridicate deoarece apa din păcură începe să fiarbă și produce astfel spumă ceeace face imposibilă curățirea.

Prin centrifugare se elimină însă din combustibil și o serie de particule de densitate mai mare (fulgi de bitum) care sunt combustibile și care ard în motor fără dificultate. Se creează astfel o pierdere de combustibil care poate să atingă 5% din cantitatea totală.

Combustibilul rezultat după centrifugare are un grad de curățire suficient pentru a fi folosit la orice motor Diesel construit pentru arderea de combustibil greu. In timpul exploatării

trebue să se aibe însă permanent în vedere reglajul centrifugei în funcție de calitatea și densitatea combustibilului căci altfel nu se extrag toate impuritățile mecanice și apa din combustibil sau rezultă pierderi însemnate de combustibil, eliminat de centrifugă.

Literatura sovietică de specialitate (2) recomandă folosirea centrifugelor însă numai în cazurile când motoarele deservite fiind delicate impun acest lucru.

le deținem în prezent, conduc la o amortizare a surplusului de investiții în 2—3 ani de funcționare, pentru o centrală de putere 5000—10 000 CP și cu o utilizare anuală a puterii instalate. de cca 3500 ore.

3. PROBLEMA APEI DE RĂCIRE

Necesitățile de apă de răcire ale unei centrale electrice cu motoare Diesel sunt mai reduse decât necesitățile unei centrale termoelectrice

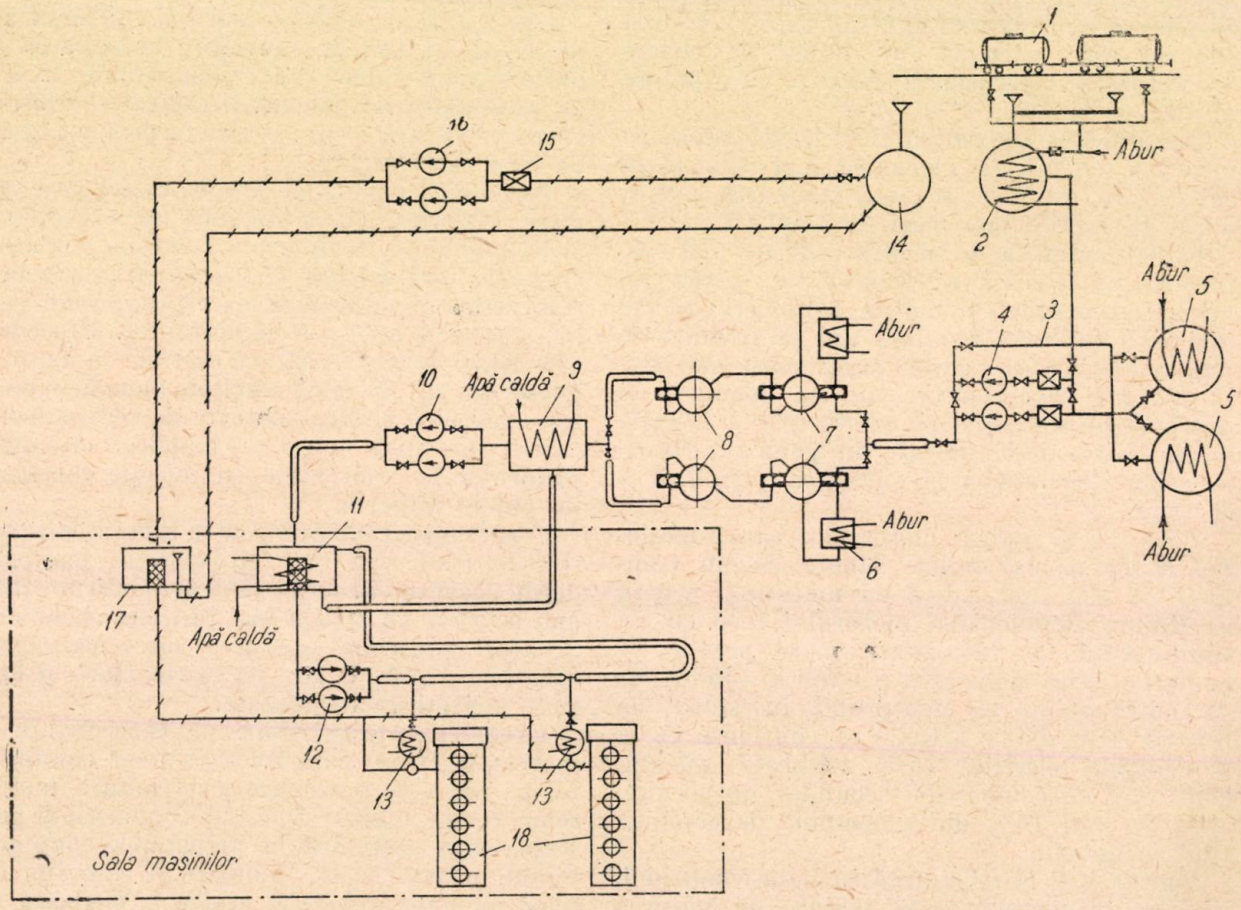


Fig. 7. Schema de alimentare cu combustibil a unei centrale Diesel, cu prepararea păcurii prin dublă centrifugare

1 — stație de descărcare; *2* — rezervor de descărcare; *3*—filtre; *4*—pompe pentru păcură brută; *5*)—rezervoare depozit; *6*—preîncălzitor; *7*—centrifugă deschisă (pentru apă); *8*—centrifugă închisă (pentru impurități mecanice); *9* — rezervor de păcură curată; *10* — pompe pentru păcură curată; *11*—rezervor de zi; *12*—pompe de alimentare la motoare; *13*—preîncălzitor filtru pe motor; *14*—rezervor de motorină; *15*—filtru de motorină; *16* — pompe pentru motorină; *17* — rezervor de zi pentru motorină; *18* — motoare Diesel.

Pentru a se simplifica reglajul, a elimina pierderile de combustibil și a avea o curățire perfectă, s'a încercat în ultimul timp folosirea sistemului de centrifugare dublă în serie. In acest sistem un prim aparat de centrifugare de tip deschis este reglat pentru a separa apa din păcură. Păcura eșită din acest aparat trece într'un al doilea aparat de centrifugare de tip închis, în care se face clarificarea adică separarea impurităților mecanice. Aceste impurități rămân în corpul centrifugei și se extrag periodic prin oprirea și curățirea aparatului.

In fig. 7 este arătată schema de alimentare cu combustibil a unei centrale Diesel dotată cu sistem de centrifugare dublă, în serie.

Față de cheltuelile suplimentare pe care le aduc instalațiile pentru prepararea păcurii, economiile realizate conform datelor pe care cu abur, de putere egală. In general, după cum s'a arătat la bilanțul termic, se evacuează în apa de răcire o cantitate de căldură, după tipul de motor și consumul de combustibil, de 400—650 kcal/CPh.

Temperatura apei la eșirea din motor este limitată de menținerea pe suprafețele în mișcare a unei temperaturi la care să aibe loc o ungere bună.

Conform datelor din experiența sovietică în acest domeniu, precum și a datelor din experiența de exploatare dela noi, temperatura de eșire a apei de răcire din motor poate atinge 70—75°C. In mod curent, pentru a nu solicita piesele la temperaturi prea ridicate și pentru a micșora depunerile de piatră în cămașa de răcire a motorului datorită sărurilor din apă, se menține în exploatare o temperatură de

50 — 55°C pentru apa caldă care părăsește motorul. Cu cât apa este mai dură cu atât temperatura la ieșirea din motor trebue să fie mai coborîtă.

Calitatea apei de răcire utilizată la motoarele Diesel trebue să îndeplinească o serie de condiții și anume :

— Apa să fie limpede, pe cât posibil fără suspensii solide mai mari de 0,1 mm, de dorit chiar fără suspensii de mâl. In cazul când apar astfel de suspensii, ele se depun în zonele de viteză mai mici din cămașa de apă și înrăutățesc scurgerea apei precum și transmisia de căldură dela piesele metalice ale motorului către fluidul de răcire. Aceasta impune o curățire periodică a motorului care este foarte anevoioasă, în special în zonele calde unde mâlul se întărește. Depunerile de mâl împiedică însă în oarecare măsură formarea pietrei în cămașa de răcire.

— Apa să nu conțină acizi sau baze eare să atace metalele cu care vine în contact în motor, sau garniturile de etanșare.

— Apa să nu conțină ulei care depus pe suprafețele de răcire micșorează simțitor coeficientul de transmitere a căldurii.

— Apa să aibă o duritate redusă, pentru a face cât mai rare spălările și eliminarea cu soluție acidă a pietrei depuse în cămașa de răcire.

In trecut, s'a utilizat exclusiv sistemul de răcire directă, apa de răcire trecând direct prin motor.

Pentru a înlătura neajunsurile provocate de folosirea apei de calitate necorespunzătoare, în ultimul timp s'a trecut la un sistem de răcire indirectă. Motorul se răcește cu ajutorul unui circuit închis de apă curată, eventual distilată, care într'un schimbător de căldură de suprafață, cedează căldura sa apei brute de răcire.

Astfel se înlocuește problema curățirii cămășii de apă a motorului prin curățirea schimbătorului de căldură, care este mult mai simplă.

In fig. 8 sunt arătate schemele folosite pentru circuitul de apă de răcire, la o centrală Diesel, în funcție de cantitatea și calitatea apei de răcire disponibile.

Temperatura apei la intrarea în motor nu trebue să fie prea coborîtă deoarece în acest caz se nasc în motor diferențe mari de temperatură între diferitele puncte răcite.

Totodată temperatura prea scăzută a punctelor reci, crează condiții locale proaste de ungere, ceeace antrenează o uzură anormală a pieselor și un randament scăzut al motorului Diesel. Exploatarea „prea rece" a motoarelor

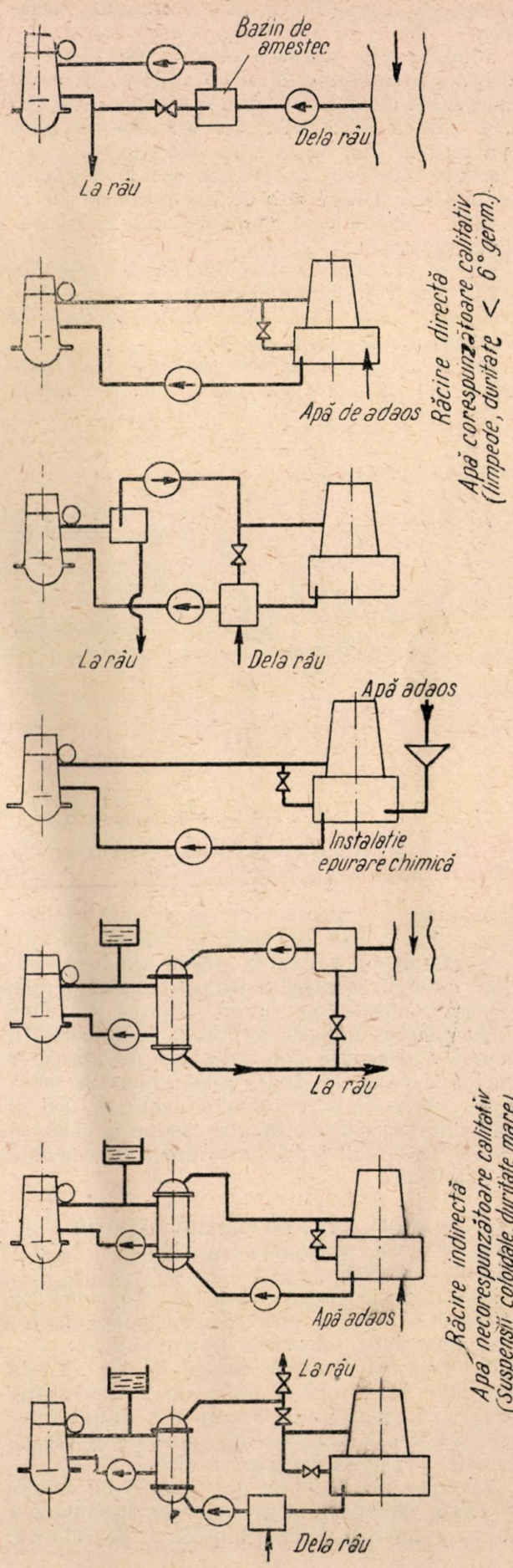


Fig. 8. Scheme de apă de răcire la centrale cu motoare Diesel : →

1 — sircuit deschis — apă suficientă cantitativ și corespunzătoare calitativ ; *2* — circuit închis — apă insuficientă pentru răcire în circuit deschis dar corespunzătoare calitativ ; *3* — circuit mixt — apă insuficientă pentru răcire în circuit deschis dar mai multă ca în cazul 2. Apa este calitativ corespunzătoare ; *4* — circuit închis cu evaporarea apei de adaos — apă insuficientă și necorespunzătoare ; *5* — circuit deschis — apă suficientă dar necorespunzătoare ; *6* — circuit închis — apă insuficientă cantitativ și necorespunzătoare calitativ : *7* — circuit mixt — apă insuficientă dar mai multă decât în cazul 6. justifică economic circuitul mixt.

Diesel este o greșeală care are consecințe negative.

Temperatura normală a apei de răcire la intrarea în motor este de 30...35°C. In cazul când sursa de răcire asigură o temperatură sub 25°C este necesar să se facă un amestec între apa rece și apa caldă eșită din motor.

Astfel, intervalul de răcire al apei la centralele cu motoare Diesel este de aproximativ 16... ...20°C, pentru care este necesar a se dimensiona turnurile de răcire.

La apa de răcire curată în circuit închis, în cazul răcirii indirecte, debitul pompelor este dimensionat astfel încât să se obțină un interval de răcire de aproximativ 10°C.

Motoarele care au o putere pe cilindru mai mare decât 150 CP au și pistoanele răcite. Răcirea pistoanelor se face fie cu apa sub presiune fie cu ulei, în care caz uleiul se răcește cu ajutorul circuitului normal de apă de răcire în răcitorul de ulei. In cazul răcirii pistoanelor cu apă, aceasta formează un circuit separat și trebue să fie perfect limpede și lipsită de impurități, răcirea făcându-se sub presiune de aprox. 2 ata până ce temperatura apei ajunge la 90°C. Apa dela răcirea pistoanelor conține ulei și nu poate fi folosită în alte scopuri, chiar la răcirea în circuit închis, urmând ă fi evacuată la canalizare.

4. PROBLEMA RECUPERĂRII CĂLDURII LA MOTOARELE DIESEL

Din bilanțul termic reiese că cele două căi prin care căldura este evacuată din motor sunt: gazele de ardere și apa de răcire.

Căldura conținută în gazele de ardere este evacuată la un nivel înalt de temperatură, acestea cifrându-se după cum am arătat între 250° și 500°C la plină sarcină a motorului, ceeace permite o ușoară utilizare a ei.

Recuperarea căldurii din gazele de ardere se poate efectua prin intercalarea în conducta de eșapament a unui schimbător de căldură. In general gazele de ardere trec prin interiorul țevilor schimbătorului, construit cu țevi drepte de diametru mare pentru a opune rezistență cât mai mică la scurgerea gazelor.

Schimbătorul de căldură cedează căldura unui circuit de apă de încălzire. In cazul când schimbătorul produce apă caldă, până la 90°C, se poate recupera din gazele de ardere o cantitate de 30—50% din căldură, obținându-se la eșapament temperaturi între 180 și 250°C Dacă în schimbătorul de căldură se produc aburi de joasă presiune, 2—3 ata, cantitatea maximă de căldură ce se poate recupera este de 40%.

In mod obișnuit apa caldă dela schimbătorul de căldură servește la preîncălzirea combustibilului, mai ales dacă acesta este păcura, și la încălzirea clădirii centralei electrice Diesel.

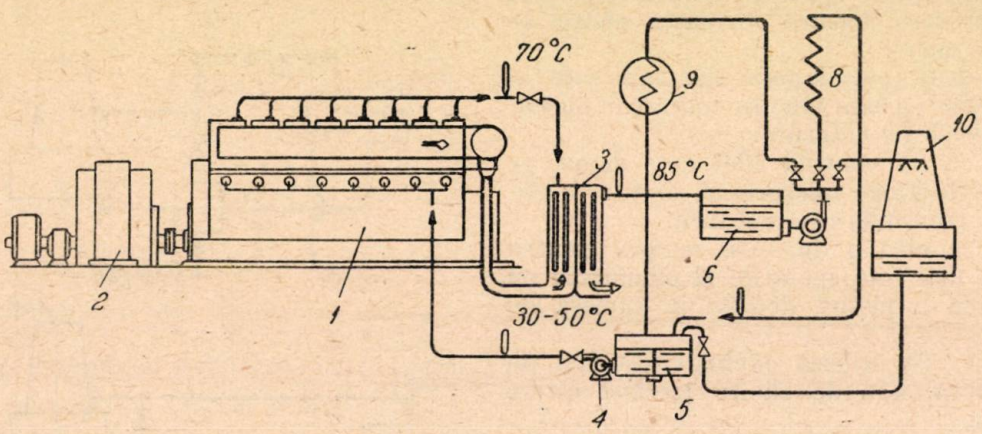


Fig. 9. Schema instalației de recuperare a căldurii la un motor Diesel în scopul încălzirii industriale
1—motor Diesel; *2*—generator; *3* — recuperator de căldură; *4*— pompă pentru apă de răcire; *6* — rezervor de apă rece; *6*—rezervor de apă caldă; *7*—pompă pentru apă caldă; *8*—consumator de căldură; *9*—încălzirea păcurii; *10*—turn de răcire.

Căldura conținută în apa de răcire se evacuează la un nivel coborît de temperatură, care pentru instalațiile stabile este de obicei 50—55°C. La această temperatură coborîtă apa își găsește numai arareori întrebuințare.

Recuperarea directă a căldurii evacuate în apa de răcire prin folosirea apei la eșirea din motor este posibilă totuși la unii consumatori industriali, cum sunt industria textilă (țesătorii, spălătorii) obținându-se în acest caz o valorificare integrală a căldurii din apa de răcire. Deoarece apa, la eșirea din motor, poate conține urme de ulei în perioadele care urmează reviziei motoarelor sau la motoare vechi ce au pierderi de ulei în cămașa de apă, urme care sunt foarte dăunătoare consumatorilor de apă caldă, este necesar ca această apă să fie trecută mai întâi printr'un filtru sau un separator de ulei.

In scopul unei folosiri cât mai complete a energiei combustibilului se poate adopta o schemă de felul celei arătate în figura 9, în cazul când motorul Diesel este în măsură a deservi consumatori de apă caldă.

Apa de răcire care traversează motorul (1) iese din motor la temperatura de 70°C, este încălzită apoi în schimbătorul de căldură recuperator din gazele arse (3) până la 85°C, trecând în instalația de încălzire de unde se reîntoarce integral la temperatura de 30—50° C.

Motorul funcționează în această situație într'un regim de temperaturi ridicate, astfel încât în exploatare trebue să se dea ungerii o atenție deosebită.

In cazul exemplului de mai sus, pentru un motor de 1000 CP supraalimentat, cu un consum de combustibil de 165 g/CPh se obține următorul bilanț, la sarcina maximă :

Tabela 3

1. Energie mecanică.	632.000 kcal	38 %
2. Energie recuperată din apa de răcire	350.000 kcal	22 %
3. Energie recuperată din gazele de ardere.	310.000 kcal	19 %
4. Energie pierdută în gazele de ardere și prin radiație. . . .	358.000 kcal	21 %
Total căldură dată de combustibil	1.650.000 kcal	100 %
Total căldură utilizată (randamentul total al instalației). . . .	1.322.000 kcal	79 %

In diagrama din fig. 10 este arătat bilanțul termic al motorului la diferite sarcini.

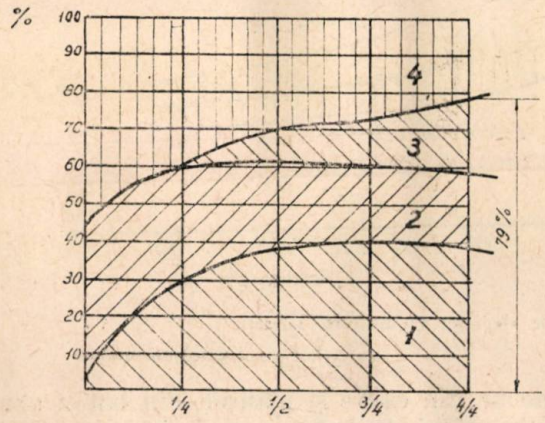


Fig. 10. Bilanțul termic al motorului Diesel cu recuperare de căldură.

In perioada de vară când consumul de căldură este redus, răcirea apei se face cu ajutorul unui turn de răcire.

5. PROBLEME DE CONSTRUCȚIE ALE CENTRALELOR ELECTRICE CU MOTOARE DIESEL

Centralele electrice cu motoare Diesel necesită în general un spațiu mult mai redus decât centralele termoelectrice cu abur, volumul construcțiilor fiind și el restrâns. In afară de clădirea principală în care se găsește întreg utilajul electromecanic precum și atelierul mecanic de deservire și corpul administrativ, mai sunt pe teren : stația electrică de înaltă tensiune, gospodăria de combustibil cu stația de descărcare, eventual turnurile de răcire și clădirile anexe de deservire.

In clădirea principală, sala de mașini este paralelă cu stația electrică interioară, după cum reiese din fig. 11. Ca și în centralele termoelectrice cu abur, dispoziția grupurilor în centrală se face de obicei cu axa perpendiculară pe axa sălii mașinilor. In acest caz în afară de o bună folosire a spațiului, această așezare

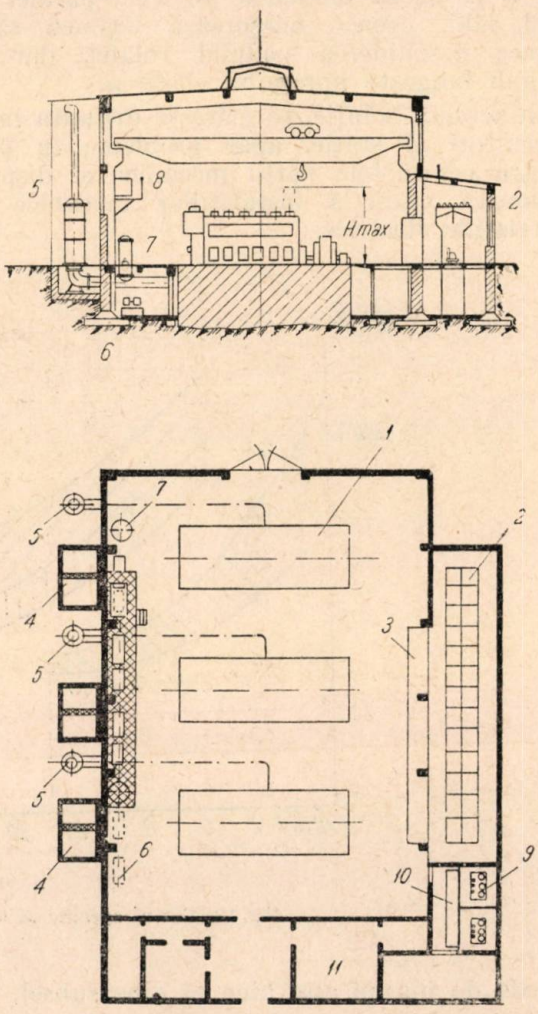


Fig. 11. Schiță generală a unei centrale Diesel cu 3 grupuri

1 — sala mașinilor ; *2* — stația de conexiuni ; *3* — tabloul de comandă ; *4* — filtru de aer ; *5* — oală de eșapament ; *6* — pompe ; *7* — schimbător de căldură (răcire indirectă) ; *8* — rezervoare (combustibil, ulei, tampon apă) ; *9* — transformator pentru servicii interne ; *10* — tablou de distribuție de joasă tensiune pentru servicii interne ; *11* — corp administrativ

permite o separare și o grupare rațională a instalațiilor electrice și a instalațiilor mecanice. Dispozitivele de aspirație și filtrare a aerului precum și oalele de eșapament pentru motoare se găsesc spre partea de capăt a motoarelor, latură care rămâne liberă în acest scop.

Intreaga parte electrică se găsește grupată spre latura sălii în care se află generatorii.

La centralele mici tabloul de comandă și stația de conexiune se poate instala chiar la capătul fix al sălii mașinilor ; această dispoziție împiedică însă o desvoltare mai importantă, lungimea disponibilă fiind limitată la cota de deschidere a sălii.

La centralele Diesel mai mari, tabloul de comandă se așează pe peretele longitudinal al sălii mașinilor, între sala mașinilor și stația de conexiuni.

Construirea unei camere de comandă electrică se face numai în mod excepțional în cazul când distribuția electrică este foarte importantă sau în cazul când centrala are o putere foarte mare. In acest din urmă caz, dacă unitățile depășesc puterea unitară de 3000 CP este rațional a se așeza motoarele cu axul paralel cu axul sălii, ceeace micșorează lățimea sălii, reduce deschiderea podului rulant, dar în schimb lungește apreciabil clădirea.

In această soluție, se mărește distanța între generatori și stație. apar probleme în plus pentru conductele părții mecanice și dispare separarea clară a instalațiilor mecanice de instalațiile electrice.

sitat de motoarele Diesel în clădirea principală :

Tabela 4

Puterea motorului CP	Lățimea sălii mașinilor		Distanța între axele grupurilor așezate transversal m	Sarcina necesară la montaj pentru cârligul podului rulant t
	Motor așezat transversal m	Motor așezat longitudinal m		
100— 200	4— 8	3— 6	3—5	1,5— 5
200— 500	6—11	5— 8	4—6	3 — 8
500—1000	10—14	8—10	4,5—6,5	5 —12
1000—2000	12—16	9—13	5—7	12 —16
2000—3000	15—20	10—14	6,5—8	16 —20
3000	18—25	15	8—10	20

Construcția clădirii principale este din punct de vedere arhitectonic și de rezistență, simplă și ușor de executat. Clădirea principală se com-

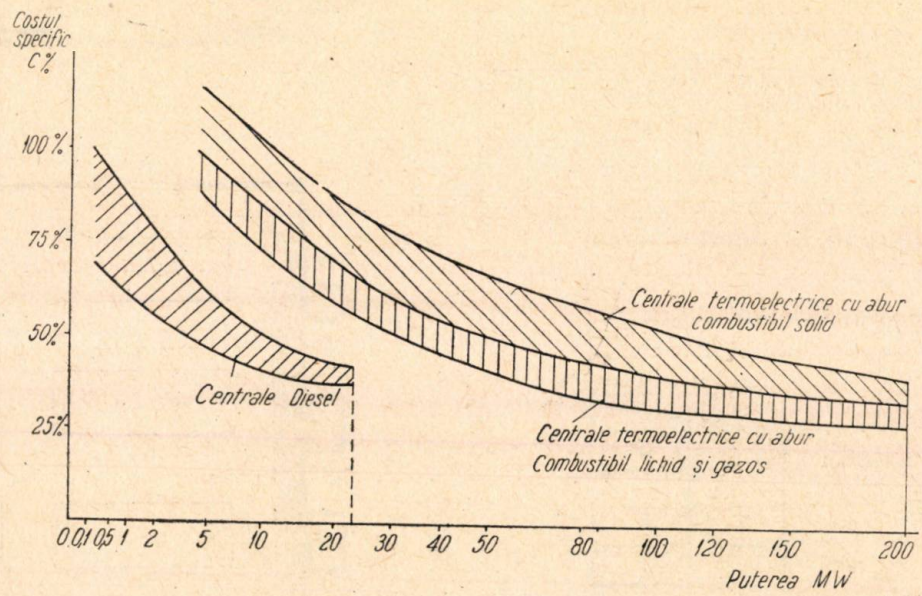


Fig. 12. Costul specific al unei centrale electrice cu motoare Diesel.

Sala de mașini este bine să aibe subsol, cel puțin în partea anterioară a motoarelor pentru a permite dispunerea comodă a conductelor și a unei părți din pompele de apă.

In general pompele care deservesc motoarele precum și rezervoarele de zi pentru combustibil se plasează pe peretele longitudinal din fața motoarelor, în subsol, la cota 0 și pe o galerie specială a rezervoarelor.

In ultimul timp pentru a elimina din sala mașinilor cantitatea de combustibil conținută de rezervoarele de zi și pentru a ordona exploatarea pompelor, se instalează toată această aparatură anexă într'o cameră specială separată de sala mașinilor. Camera rezervoarelor este în acest caz suprapusă peste camera pompelor.

Pe baza datelor statistice, se pot indica următoarele cifre caracteristice pentru spațiul necepune fie din cadre și planșeu din beton armat fie din stâlpi de beton armat și ferme metalice cu partea de stație electrică din beton armat.

Problemele cele mai delicate ale părții de construcție sunt problemele de fundare, execuția fundației motoarelor Diesel, izolați hidrofugă a fundațiilor (în cazul când nivelu de apă subterană este ridicat) și în deosebetanșarea rosturilor între fundația grupurilo supuse trepidațiilor și fundațiile clădirii.

După cum arată și Rosievski [2] costul izolațiilor hidrofuge este atât de ridicat și execuția atât de anevoioasă încât în momentul când aceste probleme apar este preferabil să se aleagă un alt loc de așezare pentru centrala electrică. In plus, instalarea fundațiilor de motoare Diesel în apă, poate produce fenomene de rezonanță și de transmitere a trepidațiilor la distanțe mari către clădirile înconjurătoare.

Costul unei centrale Diesel este dictat de prețul echipamentului electromecanic; acesta intervine (după datele statistice dela noi din țară) cu o cotă de circa 85% din valoarea totală. Cheltuelile de organizare a șantierului și de construcție reprezintă în medie 10—13% iar cheltuelile pentru instalațiile hidrotehnice și anexe circa 1—3%. In diagrama din fig. 12, este redată informativ variația costului specific al centralelor Diesel după datele statistice din ultimii ani, precum și corelația între prețul centralelor Diesel și prețul centralelor termoelectrice cu abur.

Comparația între cele două costuri este posibilă unmai în zona puterilor mici unde intră în considerație instalațiile cu motoare Diesel.

Cu toată extrapolarea și aproximația acestei diagrame, rezultă că prețul unui kW instalat în centrala cu motoare Diesel este mai ieftin decât prețul unui kW instalat într'o centrală cu abur de putere asemănătoare. Aceasta este una din cauzele care în trecut a condus la adoptarea politicii energetice greșite, de fărâmițare a puterii instalate în centralele electrice și de folosire nerațională de motoare Diesel. Prețul unul kW instalat în marile centrale termoelectrice cu abur din cadrul planului nostru de electrificare și care sunt necesare pentru producerea cantităților însemnate de energie electrică cerute de desvoltarea industriei și ridicarea nivelului de trai este însă mai redus decât prețul unui kW instalat în cele mai mari centrale cu motoare Diesel construite până în preznt.

6. CONCLUZII

Comparația între centralele cu motoare Diesel și centralele termoelectrice cu abur, este posibilă numai în zona puterilor mici și arată următoarele *avantaje* ale centralelor cu motoare Diesel:

— Instalațiile cu motoare Diesel necesită spațiu redus, astfel de uzine reclamă suprafețe de teren mult mai mici decât centralele cu abur de putere corespunzătoare și investiții mai mici în clădiri.

— Motoarele nu produc gaze nocive sau fum și se pot instala chiar în centrele de consumație.

— Consumul de apă de răcire este mai redus decât la centralele cu abur de putere corespunzătoare iar variațiile de temperatură ale apei nu influențează randamentul ca la instalațiile cu condensație.

— Pornirea foarte ușoară și rapidă, cu posibilități de automatizare a tuturor operațiilor de pornire.

— Randament ridicat de producere a energiei, în raport cu centralele cu turbine cu condensație. Acest randament se menține independent de mărimea unităților din centrală.

— Elasticitate mare în exploatare; motoarele Diesel urmăresc foarte ușor variațiile de sarcină, funcționează în bune condițiuni în gol sau cu sarcină parțială, fiind în consecință apte să preia vârfurile de sarcină dintr'o rețea.

— Exploatarea motoarelor Diesel este relativ ușoară și necesită un personal de deservire redus ca număr.

— Consumul propriu de energie este redus (2—3% din energia produsă de motor).

In același timp aceste instalații au însă și o serie de *deficiențe*. Desavantajele producerii energiei electrice în centrale Diesel sunt următoarele:

— Folosirea nerațională din punct de vedere energetic a unui combustibil superior: motorina sau păcura.

— Motorul Diesel nu permite suprasarcini mari (în general maximum 10% timp de o oră). Folosirea motorului vreme îndelungată în regim de sarcină maximă sau de suprasarcini, scurtează simțitor viața motorului.

— Din cauza maselor mari în mișcare alternativă de translație, motorul cu ardere internă necesită fundații masive și transmite adeseori vibrații construcțiilor învecinate.

— Cuplul neuniform al motorului Diesel conduce la un grad de neregularitate destul de ridicat. Pentru a uniformiza mersul mașinii, permițând funcționarea în paralel a generatorilor este nevoie să se cupleze la motor un volant de masă apreciabilă și să se mărească numărul cilindrilor, ceeace conduce la o mărire a costului instalației.

— Organele unui motor Diesel sunt supuse la uzuri importante impunând revizia și înlocuirea periodică a unui număr mare de piese scumpe (segmenți, pistoane, cămăși de cilindru, supape, injectoare) ceeace conduce la o întreținere scumpă a motorului și la mărirea cheltuelilor de exploatare care întrec pe cele pentru turbinele cu abur.

— Puterea unitară a motoarelor Diesel este limitată, construcțiile cele mai mari ajungând în prezent la maximum 22 500 CP (16 000 kW) ceeace conduce la un număr mare de motoare instalate în cazul când se cere ca puterea instalată să fie importantă.

Având în vedere aceste caractere specifice ale motoarelor Diesel, folosirea lor ca mașini primare pentru antrenarea generatorilor electrici în situația energetică actuală din R.P.R. reiese ca rațională în următoarele cazuri:

1. Centrale pentru alimentarea orașelor sau centrelor industriale izolate, lipsite de posibilități imediate de racordare la un sistem energetic și care au urgentă nevoie de energie.

In aceste cazuri motoarele Diesel permit o punere în funcțiune a centralei electrice mult mai rapidă decât instalațiile cu abur. Timpul necesar pentru construirea unei centrale Diesel este de aproximaitv 50% din timpul necesar montării unei centrale termoelectrice cu abur. Se poate conta în general pentru o centrală Diesel în cazul când echipamentul stă la dispoziție, pe următoarele termene de lucru:

Studii, proecte, amenajarea terenului:	
	3—5 luni
Construcții	4—5 luni

Montaj și probe de punere în funcțiune 2—3 luni

Raportate la centralele termoelectrice cu abur folosind combustibil lichid, motoarele Diesel sunt mai economice, producând energie electrică cu un randament mai bun și preț mai redus.

Deasemeni în cazul centrelor izolate menționate mai sus, se folosește din plin proprietatea motoarelor Diesel de a se adapta la o sarcină foarte variată.

2. Centrale provizorii de șantier, pentru marile șantiere cu grad avansat de mecanizare, care necesită pe toată durata lucrărilor puteri însemnate și care nu sunt conectate dela început la rețeaua generală electrică.

In aceste situații, motoarele Diesel sunt foarte utile în primul rând prin termenul scurt de punere în funcțiune a centralei și prin volumul mai redus de lucrări și investiții pe care îl necesită.

Prin demontarea instalațiilor după terminarea șantierului se recuperează cea mai mare parte din utilajele mecanice și electrice. Motorul Diesel se pretează mult mai bine decât instalațiile unei centrale cu abur la montări, demontări și transporturi repetate. Instalațiile fixe, construcțiile și fundațiile care se părăsesc și se pierd la demontarea unei centrale provizorii cu motoare Diesel sunt cu mult mai mici decât la orice alt tip de centrală.

3. Centrale de vârf, de rezervă și de siguranță. Pentru astfel de nevoi, se poate instala cu investiții reduse, chiar în centrul de consum, fără a ocupa un spațiu însemnat, o centrală electrică ce corespunde întocmai condiției de a porni repede și sigur, eventual chiar automat. In unele cazuri centralele de siguranță se pot instala chiar în corpul clădirilor pe care le deservesc cu energie.

In viitor prin puneri în funcțiune a marilor centrale termoelectrice cu abur și a rețelelor puternice de transport a energiei electrice acum în construcție, numărul de cazuri în care este necesară instalarea centralelor cu motoare Diesel se va reduce astfel că și numărul de motoare Diesel folosite pentru producerea de energie electrică se va micșora. Se va realiza astfel obiectivul politicii energetice a planului de electrificare a R.P.R. în ceeace privește reducerea consumului de combustibil superior.

Bibliografie

1. *Mașinostroenie* : Vol. XI Motoare Diesel.
2. *Rosievski* : Centrale electrice cu motoare Diesel, ed. I Moscova 1946.
3. *A. Avramescu* : Motoare Diesel în centrale electrice,1943.
4. *C. Tuzu* și *C. Mofoiu* : Motoare Diesel, Ed. II, 1953.

★

ДИЗЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Р е з ю м е

Указывается положение дизельных электростанций в рамках энергетической политики Р.Н.Р., их преимущество для питания отдельных центров и больших строек а также и в качестве пиковых, резервных и запасных станций. Просматриваются конструктивные вопросы, оборудование, питание горючим и рекуперация тепла охлаждающей воды в дизельных электростанциях.

PROBLEME DE ARHITECTURĂ ŞI CONSTRUCŢIE ÎN PROIECTAREA MARILOR CENTRALE TERMOELECTRICE

Arhitect SILVIA MARCUS

Autorul tratează câteva din problemele importante pe care proiectarea unei mari centrale termoelectrice le pune arhitectului: condiţiile de aşezare a clădirilor în funcţie de procesul tehnologic, industrializarea construcţiei prin prefabricarea elementelor de construcţie, exprimarea unui conţinut artistic de idei, proiectarea tehnică complexă, etc.

In prezentul articol ne vom ocupa de una din importantele ramuri ale proiectării energetice şi anume proiectarea centralelor termoelectrice, examinând pentru această specialitate problemele ce se pun constructorilor şi în special arhitecţilor în acest domeniu, caracterizat în ultima vreme printr'un mare progres calitativ şi cantitativ.

Complexul unei centrale termoelectrice pune unui arhitect proiectant importante probleme în legătură cu organizarea de teritoriu, adică de urbanism şi cu construcţia de clădiri, adică de arhitectură.

Lipsa unor arhitecţi cu experienţă proprie în această materie, cât şi numărul mare de proiecte cerute, au făcut ca dela început sarcina rezolvării acestora să fie încredinţată unui grup de arhitecţi tineri, cari se găseau pentru prima oară în faţa unor probleme deosebit de complexe şi neobişnuite pentru ţara noastră.

O centrală termoelectrică de tipul marilor centrale cu abur din planul de electrificare, este un ansamblu de clădiri amplasate în funcţie de procesul de transformare a energiei din combustibil în energie electrică, prin intermediul unui lanţ energetic corespunzător.

De cele mai multe ori, centrala se aşează, atunci când este posibil, chiar în apropierea regiunii de extracţie, reducând astfel distanţa de transport a combustibilului, de cele mai multe ori combustibil inferior sau deşeuri.

In sistematizarea regională, problemele născute de aceste complexe sunt foarte mari: centralele necesitând o cantitate importantă de apă, trebue amplasate în apropierea unor râuri cu debite suficiente; pe de altă parte, amplasarea lor trebue legată de aşezarea aglomeraţiilor menite să adăpostească pe muncitori, atât cei ai centralei electrice, cât şi pe cei ce lucrează în mine. Dacă centrala se aşează în apropierea unui centru industrial existent, atunci problema constă în încadrarea noii lucrări, iar dacă centrul industrial apare concomitent cu centrala, trebue ţinut seama de aceasta în calculul noii aglomeraţii.

In plus, trebue ţinut seama de distanţele minime date de raza de nocivitate a centralei, cât şi de cele maxime admise în cazul termoficării, adică a alimentării cu căldură dintr'o centrală a unor industrii învecinate sau a unor localităţi muncitoreşti.

In general complexul unei centrale termoelectrice cuprinde peste 20 clădiri (fig. 1) şi construcţii anexe, grupate parte în incinta centralei şi parte în afară.

Aşezarea clădirilor anexe ale unei centrale termoelectrice în planul de situaţie este în funcţie de fluxul energetic şi trebue să asigure şi următoarele condiţii:

1. Accesul cât mai direct pe teritoriul uzinei şi o circulaţie a materialelor şi a oamenilor cât mai raţională cu distanţe minime.

2. Evitarea pericolului de incendiu şi respectarea condiţiilor sanitare.

3. Asigurarea unităţii arhitectonice în cadrul ansamblului şi folosirea în cazul prefabricatelor a acelorași elemente tip de construcţie.

4. Crearea condiţiilor optime de lucru, amenajându-se spaţiile libere între construcţii, cu plantaţii bogate şi obţinând o aerisire, iluminare şi încălzire optimă.

5. Asigurarea spaţiului necesar unei extensiuni viitoare.

Construcţiile anexe trebuesc tratate ca şi clădirea principală, cu aceleaşi elemente decorative. Ele fiind ca volum, în comparaţie cu clădirea principală, mult mai reduse, unitatea arhitectonică ce trebue să existe, se realizează întrebuinţând aceleaşi finisaje exterioare, ca de ex.: cărămidă aparentă, ferestre de beton armat mozaicate, ancadramente tencuite la uşi şi ferestre, socluri din acelaş material, cornişe tencuite asemănătoare, etc.

Accesul în incintă este recomandabil a fi limitat la o singură intrare, pentru personalul de exploatare.

Accesul feroviar se poate face în două zone diferite, una pentru combustibil şi alta pentru liniile ce deservesc clădirea principală, staţia electrică exterioară, turnul de decuvare al transformatorilor, etc.

Elaborarea unor planuri de ansamblu raţionale, avându-se în vedere atât expresivitatea arhitectonică a diferitelor clădiri, cât şi a întregului ansamblu al clădirii principale, trebue să fie preocuparea esenţială a arhitecţilor proiectanţi de centrale termoelectrice.

Ca soluţie de plan a clădirii principale, deasemeni trebue remarcat faptul că gruparea sălilor nu este la toate centralele acciaşi. Acest lucru este în funcţie de accesul combustibilului, al apei de răcire şi al caracterului fluxului energetic. (Fig. 2: cu corpul silozurilor de cărbune către exterior şi Fig. 3: cu corpul silozurilor de cărbune în mijlocul clădirii, între sala cazanelor şi corpul degazorilor).

In faţa unor probleme atât de complexe, arhitecţii sunt obligaţi să aprofundeze procesul de producţie pentru a putea interveni în

compoziția ansamblului, fără ca acest proces să sufere, și a îmbunătăți astfel compoziția și plastica ansamblului.

Numai atunci un proiect industrial poate fi considerat valoros, când leagă organic preocupările de producție și de tehnică cu cele ideo-

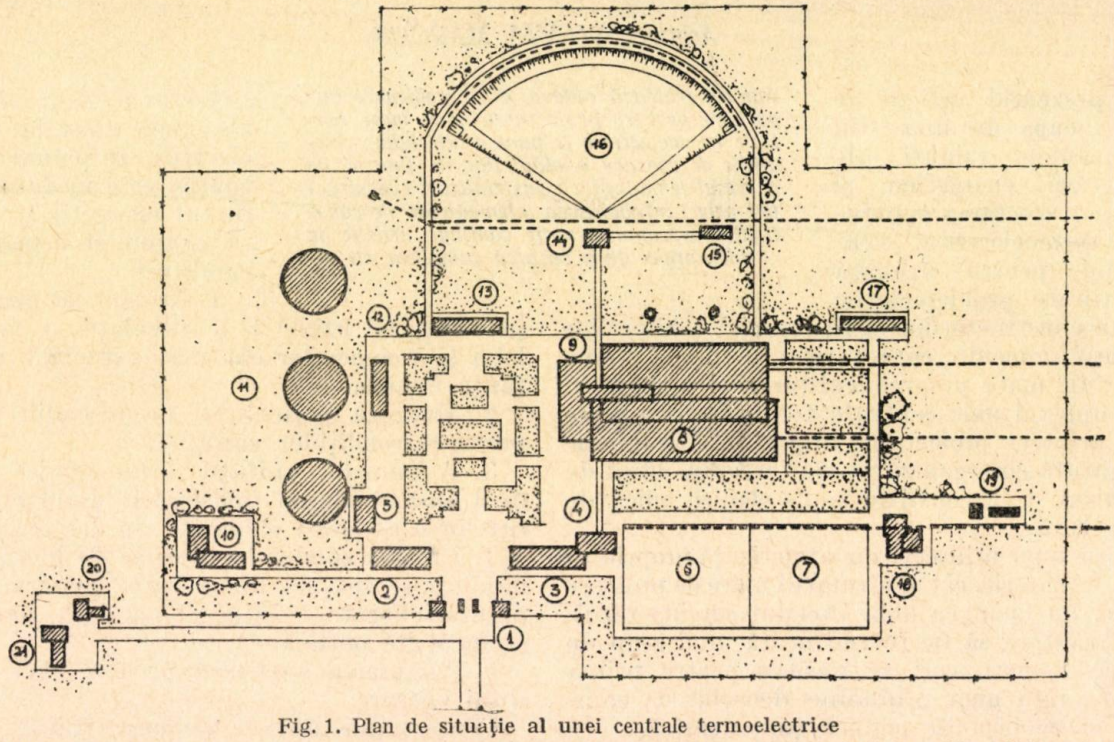


Fig. 1. Plan de situație al unei centrale termoelectrice

1-Portar; 2-Biroul administrativ; 3-Stația 35 kV; 4-Camera de comandă; 5-Casa sitelor; 6-Stația aeriană de 110 kV; 7-Stația aeriană de 220 kV; 8-Clădirea principală; 9-Biroul de exploatare; 10-Casa paznicului; 11-Turnul de răcire; 12-Casa pompelor; 13-Magazie; 14-Stație de sfărâmare II; 15-Stație de sfărâmare I; 16-Depozit de cărbune; 17-Atelier; 18-Turn de decuvare; 19-Gospodăria de păcură; 20-Pichet de incendiu; 21-Garaj.

Munca arhitectului nu trebue limitată strict numai la îmbrăcarea volumelor comandate de procesul energetic. Înțelegereâ de logice și artistice. Arhitecții vor trebui să respingă formalismul și sărăcia imaginilor arhitectonice, imagini străine de popor. Vor trebui

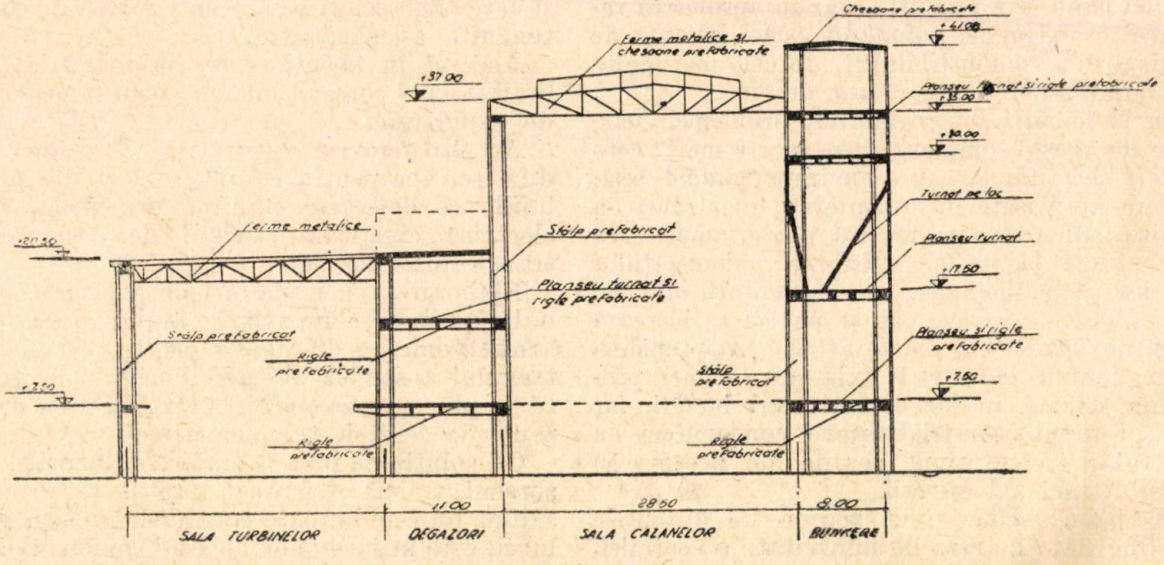


Fig. 2. Secțiunea transversală printr'o centrală electrică cu sala silozurilor de cărbuni în exterior.

către proectanții energetici a rolului arhitectului în procesal de creație a operelor complexe. evită antrenarea aihitectnlui pe linia rezolvării constructiviste a problemelor de plastică prin reprezentarea unor construcții cu forme reci, conveuționale.

să țină seama de problemele de artă și de conținut artistic pe care fiecare construcție nouă a socialismului trebue să le cuprindă.

Plastica clădirii principale, care este formată din corpuri de diferite volume cu diferențe de înălțimi foarte mari, este o problemă greu de rezolvat.

Corpul silozurilor de cărbune este partea cea mai înaltă a construcției, aproximativ 45 m înălțime și aproximativ 8 m lățime. Sala cazanelor care are aproximativ 35 m înălțime și 25 m deschidere, face în unele cazuri legătura între corpul silozurilor de cărbune și sala degazorilor care are 20 m înălțime și 12 m deschidere.

Sala turbinelor se degajează în general ca volum de celelalte și are aproximativ 20 m înălțime și 25 m deschidere.

Soluția cea mai simplă este păstrarea acestui joc de volume, cu scheletul de rezistență aparent, însă aceasta antrenează pe linia constructivismului. Astfel s'ar putea folosi corpul silozurilor de cărbune care are cea mai mare înălțime, ca element dominant, detașându-l de celelalte corpuri și tratând fațadele cu golurile repartizate pe verticală (fig. 4).

Mergând pe linia realismului socialist și a formei naționale în arhitectură, aceste tendințe constructive trebue să dispară. Arhitectura nouă trebue să exprime un conținut artistic de idei, trebue să exprime triumful omului eliberat asupra forțelor sociale ce-l încătușau, mersul lui sigur înainte.

Impresia pe care trebue s'o facă clădirea unei centrale termoelectrice, trebue să fie de libertate și de dinamism, de forță și de măestrie.

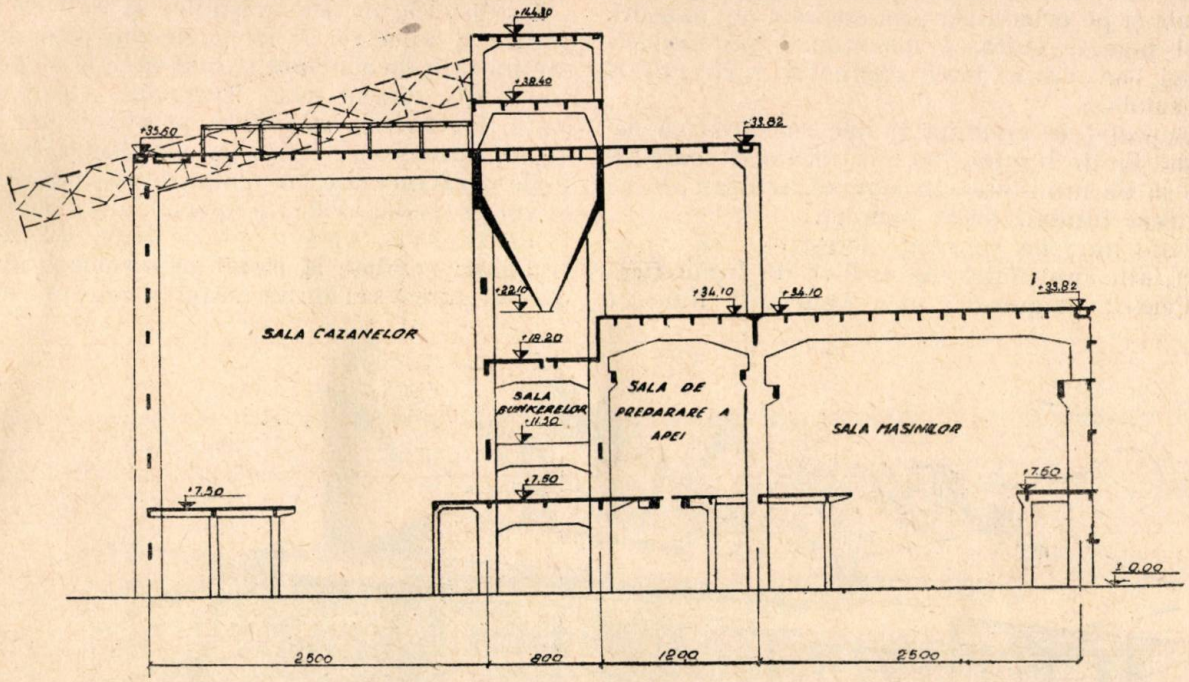


Fig. 3. Secțiune transversală printr'o centrală termoelectrică cu sala silozurilor de cărbuue în mijloc.

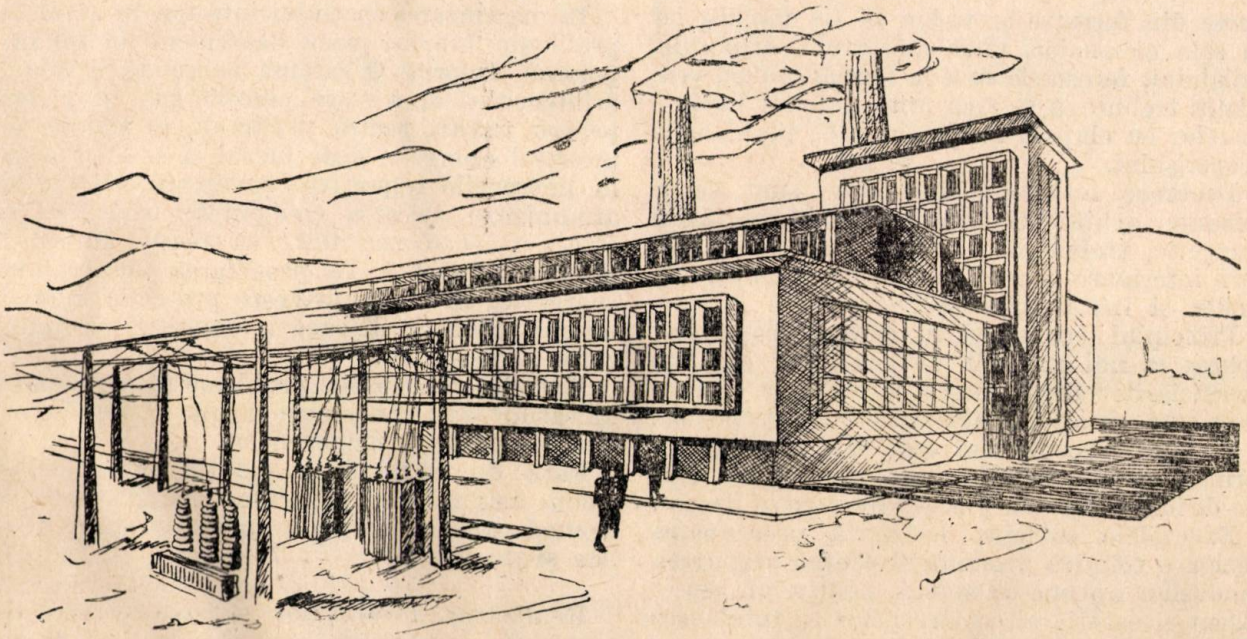


Fig. 4.

Astfel jocul volumelor poate fi unificat printr'o cornișă puternică ce înconjoară la aceiași înălțime toate sălile (fig. 5).

Mascând scheletul de beton prin utilizarea elementelor decorative românești, brâe, ciubuce, etc. fațadele s'ar putea împărți pe verticală și pe orizontală prin crearea de panouri, cari pentru evitarea monotoniei pe fațadele lungi ar varia între cărămidă aparentă și tencuială.

Suprafețele golurilor trebue să satisfacă necesitățile de luminozitate, astfel încât toate sălile să fie luminate suficient, chiar dacă ele nu primesc lumina decât indirect.

Este bine ca suprafața ferestrelor să fie de 35% din suprafața pardoselilor de luminat.

Pentru asigurarea unei ventilații bune, o parte din ferestre ar trebui să fie mobile, iar în sala cazanelor, unde din cauza dispoziției utilajului, ferestrele sunt în număr redus, ventilația trebue să se facă prin ajutorul luminatoarelor cu clapete mobile, așezate pe planșeul acoperișului.

Deoarece instalațiile energetice sunt determinante, arhitectul, împreună cu proiectantul energetic, trebue să rezolve problema arhitecturii interioare în acord cu amplasamentul mașinilor și instalațiilor energetice.

Principiul economiei în construcție a fost aplicat la noi greșit în unele cazuri, tendința beneficiarilor fiind eliminarea totală a elementelor care nu au o justificare strict funcțională.

Trebue să construim economic, însă să ne ferim de a realiza clădiri care să exprime sărăcie de idei și lipsă de preocupare pentru frumos.

Exemplele sovietice ne arată preocuparea pentru o tehnică avansată și pentru asigurarea condițiilor optime de muncă, pentru un aspect plăcut și estetic al construcțiilor în totalitatea lor, care constitue expresia ideilor măreție și profund umane ale constructorilor comunismului.

Avem recent strălucitul exemplu al lucrărilor artistice de pe traseul canalului navigabil Volga-Don „V. I. Lenin".

In consecință, pornind dela aceste principii, putem menționa în privința finisajelor următoarele:

Pardoselile în sala mașinilor și sala de preparare a apei vor fi de preferință din gresie sau mozaic de marmoră turnat în dale. Celelalte vor fi din ciment rolat. Tencuelile vor fi drișcuite, iar în sala mașinilor, pereții se vor prevedea placați cu faianță pe o înălțime de 2 m. Ușile vor fi metalice, iar pentru intrarea căii ferate se vor prevedea uși de tip special, din panouri de tablă presată. Apele de ploaie de pe învelitoare trebuesc conduse la canal prin coloane interioare de fontă sau din alt material corespunzător.

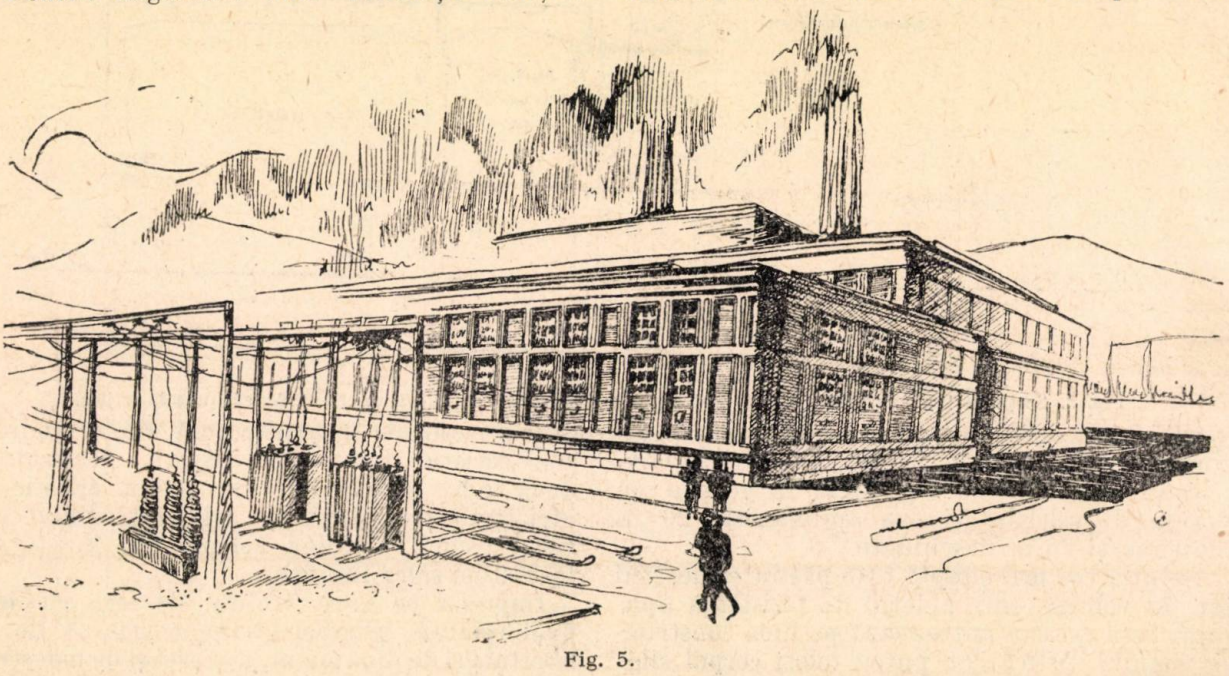


Fig. 5.

In organizarea spațiului interior, în afară de problema luminei joacă deasemeni un rol important culorile. O sarcină deosebită îi revine arhitectului de a alege culorile pentru pereți, pentru tavan, pentru pardoseli, în funcție de procesul energetic și de lucrul ce se efectuează în încăperile respective. Arhitectul trebue să armonizeze culoarea elementelor constructive cu cea necesară mașinilor și să creeze o ambianță de lucru plăcută. In proectarea ansamblului energetic, în ceeace privește protecția muncii, un rol însemnat îl joacă și coloritul corespunzător al mașinilor.

Una din principalele probleme în proiectarea unităților de centrale este și soluționarea deservirii sanitare a muncitorilor.

Față de fluxul de circulație al oamenilor trebue asigurate legături comode amplasându-se în mod rațional încăperile pentru vestiare, toalete și dușuri.

* * *

Realizarea investițiilor masive cerute de opera de construcție, mai ales în materie de centrale termoelectrice, pune în fața construc-

torilor sarcini mult mai mari decât cele avute până acum, sarcini ce trebue îndeplinite în termene destul de scurte și cu mijloace a căror desvoltare nu a putut urmări îndeajuns creșterea rapidă a acestui volum de construcții.

Aceste sarcini nu se pot realiza cu vechile metode, cu vechea organizare și cu vechea productivitate redusă a muncii. Apare în mod imperios nevoia de a trece dela producția meșteșugărească la cea industrială, urmând astfel calea desvoltării socialiste pe care au pornit și celelalte sectoare.

Ca metodă de industrializare în executarea acestor construcții, cea mai bună este prefabricarea elementelor de construcție, dela cele de rezistență până la cele de finisaj, deci confecționarea elementelor pe cale industrială.

Avantajele pe care le aduce utilizarea de prefabricate sunt :

— Economia de materiale de construcție și în special a lemnului. La clădirile industriale, prefabricarea betonului armat, este unica metodă prin care se pot evita schelăriile, eventual în întregime, iar pierderile în material de cofraje într'o măsură foarte însemnată.

— Reducerea timpilor de execuție. Cele mai costisitoare operațiuni ca timp la o construcție de beton armat monolit, sunt cofrajele și schelăria. Deși ele servesc numai spre a da forma betonului armat, totuși la halele înalte aceste operațiuni consumă mai mult de 50% din timpul de lucru necesar.

— Reducerea necesarului de mână de lucru calificată și necalificată și ridicarea productivității muncii.

— Asigurarea unei bune calități a elementelor și a întregului ansamblu.

— Eliminarea caracterului sezonier al construcțiilor. Prefabricarea se poate face independent de starea timpului și de temperatură, în încăperi acoperite organizate ca o fabrică, în ateliere bine echipate și înzestrate cu mașini speciale.

Acest sistem de prefabricare cere o condiție esențială proiectului : tipizarea dela piesele mari la cele mici, deoarece productivitatea și rentabilitatea acestui sistem este cu atât mai mare, cu cât tipurile care se fabrică sunt mai puține la număr și mai simple ca formă.

Prefabricarea menționată este cu atât mai ușor de aplicat la construcția unei centrale termoelectrice, deoarece aceasta este construită pe un sistem modular fix, cum ar fi distanțele traveelor, acestea fiind raportate la elementele tehnologice, gabaritele mașinilor.

In ceeace privește modul de construcție al clădiril principale, soluția cea mai rapidă pentru execuție, este cea cu cadre de beton armat din elemente prefabricate, cu ferme metalice la sala cazanelor și sala mașinilor.

In ceeace privește prefabricarea elementelor de finisaj, acestea se pot face pe o scară mai redusă cum ar fi : tencueli uscate, placaje de fațadă, elemente decorative aplicate precum și instalațiile sanitare.

In felul acesta se poate asigura în mare măsură o economie a mâinii de lucru specializată.

Problema prefabricării elementelor și industrializării execuției, pune în consecință condiția de proiectare tehnică complexă.

Necoordonarea proiectării cu realitatea execuției, a fost una din deficiențele principale în munca de proiectare de până acum. Factorul hotărîtor în lichidarea acestei deficiențe, va fi ridicarea nivelului profesional și ideologic al tehnicienilor și însușirea bogatei experiențe a constructorilor din Uniunea Sovietică.

Proiectare tehnică complexă înseamnă concursul tuturor factorilor tehnici, în atingerea scopului final, care este realizarea proiectului în condițiile de rentabilitate a investiției și de calitate superioară, proprii orânduirii socialiste

Proiectarea centralelor termoelectrice cuprinde proiectarea termică, electrică și hidrotehnică, de arhitectură și rezistență, cercetări geotehnice și experiențe de laborator, precum și proiectarea utilajului și organizarea șantierului.

Influențele reciproce ale elementelor de proiectare și execuție, tehnologia proceselor de producție, raționalizarea și organizarea muncii, tipizarea și standardizarea, plastica unităților și ansamblului, trebue bine aprofundate, astfel încât construcția să reflecte clar echilibrul lor, rezultând prin aceasta nivelul ridicat al calității proiectului.

In concluzie, pentru a putea face față sarcinei ce-i revine în proiectarea marilor centrale termoelectrice, constructorul și arhitectul proiectant trebue să-și însușească o măestrie desăvârșită, bazată pe o vastă cultură generală, ideologică și profesională.

Exemplele numeroase din arhitectura sovietică și analiza acestora ne fac să înțelegem justețea drumului pe care merg arhitecții sovietici.

Problema formei și conținutului, problema prelucrării valorilor pozitive naționale, îmbinarea dintre arhitectura clasică și cea populară, metoda de prelucrare a tradiției pentru a găsi drumul realismului socialist și în fine cunoașterea temeinică a proceselor tehnologice și a funcțiunilor diferitelor utilaje dintr'un complex energetic, trebue să fie o preocupare permanentă a arhitectului și constructorului proiectant în acest domeniu.

★

ВОПРОСЫ ПРОЭКТИРОВАНИЯ БОЛЬШИХ ТЭС

Резюме

В статье рассматриваются некоторые важные вопросы которые ставятся перед архитектором при проэктировании большой теплоэлектростанции: условия компановки зданий в зависимости от технологического процесса, индустриализация строительства посредством префабрикации конструктивных элементов, выражение артистической идейности, техническое комплексное проэктирование, и т д.

BILANȚUL ENERGETIC AL ROTORILOR ÎN MIȘCARE PRINCIPIU GENERAL PENTRU ANALIZA STABILITĂȚII SISTEMELOR ENERGETICE

2475 Chim 12/54
LEFORDITVA
K.7650

Ing. P. DIMO

Autorul arată posibilitatea aprecierii teoretice a condițiilor generale în care se găsește o rețea din punctul de vedere al stabilității sistemelor energerice și propune o cale nouă pornind dela două principii de bază: reducerea sistemului la o bază unică și căutarea bilanțului energetic total al sistemului care s'a deplasat.

1. INTRODUCERE

Analiza condițiunilor generale ce trebue să împlinească un sistem energetic pentru a fi stabil nu este încă o operație clară și comodă nici pentru proiectantul de rețele electrice și nici pentru exploatantul unor asemenea rețele.

Lăsând la o parte considerațiunile asupra multiplelor cauze de instabilitate datorite unor funcționări irațională (nivel de tensiuni scăzut, generatori subexcitați, timpuri prea lungi de tăere pentru întrerupători, etc.), ne vom mărgini numai la posibilitățile aprecierei teoretice a condițiunilor generale în care se găsește o rețea din punct de vedere al stabilității, căutând o cale generală și de aplicare mai comodă ca cele obișnuite.

Reamintim că în practică se fac azi calcule de stabilitate considerate de unii autori ca satisfăcătoare prin metoda „pas cu pas", extrem de laborioasă chiar dacă operatorii dispun de o masă de calcul. In afară de această metodă, se utilizează pe o scară largă „metoda ariilor" sau aceia a accelerațiilor. Cu aceste metode se poate simplifica problema dacă se reduce sistemul la o mașină unică funcționând pe o bară infinită.

Reducerea sistemului la un asemenea caz comportă în general un grad de aproximație nepermis și numai un teoretician dublat de un bun practician poate aprecia când se pot face asemenea calcule simplificate și la ce pot servi în mod real.

In cele ce urmează propunem principiile unei căi noi, plecând dela principiul conservărei energiei și al unei reprezentări simplificate a sistemului.

Am căutat situația cea mai generală posibilă și care să poată fi cuprinsă într'un sistem practic și simplu.

2. REPREZENTAREA REDUSĂ LA O BARĂ UNICĂ A UNUI SISTEM CU n MAȘINI ROTATIVE (GENERATORI ȘI MOTOARE) ȘI ALȚI CONSUMATORI

Considerăm un sistem de n generatori sau motoare sincrone, legați prin reactanțe la un sistem de bare. Pe aceiași bară se mai află și: un consumator unic Q de putere reactivă ce consumă după formula

$$Q = KU^2$$

(adică proporțional cu pătratul tensiunei) precum și P un consumator unic de putere activă ce consumă după o lege oarecare $P = f(U)$ în funcție de tensiune, lege pe care nu o definim încă.

Mașinile rotative pot fi tot atâtea uzini generatoare, sau consumatori de o natură similară cu motoarele sincrone.

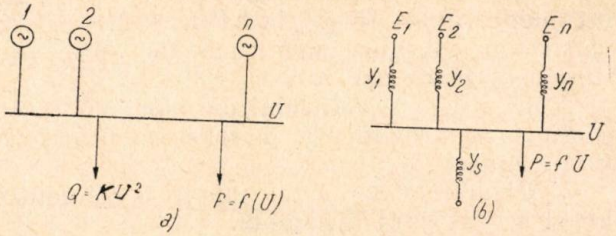


Fig. 1

Fig. 1 arată schema sistemului simplificat. Libertatea lăsată pentru consumatorul $P=f(U)$ de putere activă, va servi pentru introducerea eventuală a caracteristicelor reale ale consumatorilor, alții decât cei ce ar putea fi asimilați cu motoare sincrone și care pot fi reprezentați prin una din cele n mașini.

Să dăm o reprezentare matematică și grafică acestui sistem.

Se pot scrie următoarele ecuații:

$$P = \sum_{m=1}^{m=n} y_m E_m U \sin \delta_m \qquad (1)$$

$$Q = y_s U^2 = \sum_{1}^{n} y_m E_m U \cos \delta_m - \sum_{1}^{n} y_m U^2 \qquad (2)$$

în care:

U = tensiunea pe bara generală
E_m = tensiunile interne ale generatorilor
y_m = admitanțele fiecărui generator până la bara generală;
δ_m = unghiul dintre tensiunea E_m și tensiunea U.

Formulele de mai sus sunt azi de un uz curent în electrotehnică definindu-se astfel

puterea activă şi reactivă pe care o dă un generator cu o tensiune internă E_m pe o bară de tensiune U. Vom modifica formula 2 adoptând o altă definiţie.

Prin analogie cu formula dată de puterea activă vom nota :

$$Q_g = \sum_1^n y_m E_m U \cos \delta_m = (y_s + \sum y_m) U^2 \qquad (3)$$

şi o vom numi putere reactivă internă a generatorului, termenul $\Sigma y_m U^2$ având natura unei consumaţii de energie reactivă (internă) şi fiind trecut de partea considerată consumatoare.

In relaţia 3 dacă împărţim cu U obţinem :

$$\sum_1^n y_m E_m \cos \delta_m = \left(y_s + \sum_1^n y_m\right) U \qquad (4)$$

la fel dacă împărţim cu U relaţia 1 obţinem :

$$\sum_1^n y_m E_m \sin \delta_m = \frac{P}{U} \cdot \qquad (5)$$

Cele două relaţii pot fi reprezentate pe un grafic în care în abscisă se reprezintă $(y_s+y_m)U$ conform relaţiei (4), iar în ordonată se reprezintă $\frac{P}{U}$ conform relaţiei (5) aşa cum se vede în fig. 2.

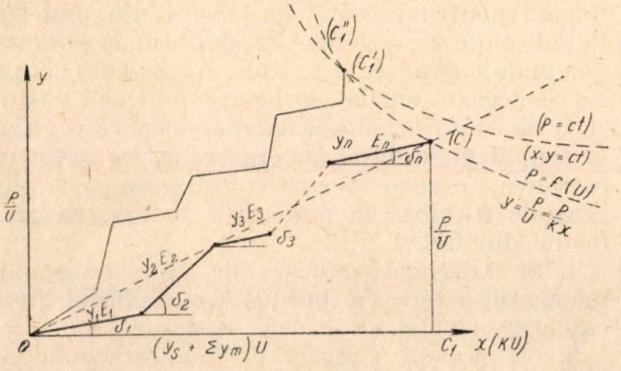


Fig. 2

Prin acest fel de reprezentare, fiecare centru producător de energie se înlocueşte cu un vector $y_m E_m$, adică cu o maşină sincronă unică echivalentă, iar consumatorii de energie activă pot fi grupaţi într'o funcţie $P = f(U)$ şi reprezentaţi pentru fiecare valoare a lui U prin ordonata punctului (C) pe fig. 2.

Astfel dacă puterea P ar fi consumaţia unei rezistenţe, atunci : $P = K'U^2$ iar ordonata

$$CC_1 = K'U \qquad \left(K' = \frac{1}{r}\right) \qquad (5a)$$

— Triunghiul OCC_1 rămâne mereu asemenea cu el însuşi şi punctul de echilibru al sistemului se va găsi întotdeauna în punctul C care se deplasează dealungul dreptei OC.

— Dacă puterea P ar fi constantă indiferent de tensiune, (aşa cum se consideră pentru deplasări mici de tensiune, sau aşa cum se consideră puterile mecanice aplicate arborilor în timpul pendulaţiei rotorilor) atunci punctul C se găseşte pe o hiperbolă (curba puterilor mecanice) căci are ordonata şi abscisa :

$$y = \frac{P}{U} \; ; x = \left(y_s + \sum_1^n y_m\right) U \qquad (5b)$$

adică :

$$x \cdot y = P \left(y_s + \sum_1^n y_m\right) = \text{constant.} \qquad (6)$$

Se pot da şi alte legi de variaţie pentru P care să reprezinte cât mai fidel rezultanta consumatorilor de putere activă. Curba (6) va reprezenta în orice caz curba puterilor mecanice care se consideră în general constantă în timpul pendulărilor.

Se vede deci că acest mod de reprezentare matematică şi grafică are următoarele avantaje :

1) Permite o vedere rapidă a sistemului şi poziţiei punctelor de echilibru în legătură cu unghiurile rotorilor.

2) Permite o asimilare a generatorilor şi consumatorilor fie cu vectori $(y_m E_m)$ reprezentând maşini sincrone generatori sau motoare, fie introducerea consumatorilor de putere activă într'o lege oarecare de variaţie cu tensiunea pentru o reprezentare cât mai fidelă.

3. BILANŢUL ENERGETIC AL UNUI ASEMENEA SISTEM CÂND TRECE DELA O STARE DE ECHILIBRU LA ALTA

Să presupunem că un asemenea sistem se găseşte în echilibru în punctul C. In acest caz :

a) puterea totală este P iar puterea pe fiecare maşină în parte este P_1, P_2, P_3... etc.

b) tensiunea pe bară este U ;

c) unghiurile rotorilor maşinilor sincrone sunt δ_1, δ_2, δ_3...

— Tensiunile constante ale acestor maşini în spatele admitanţelor y_1, y_2....y_n, sunt E_1, E_2...E_n.

Presupunem acum că echilibrul se strică din cauza puterii mecanice schimbate pe diverşi arbori ai maşinilor sincrone care trec la nişte puteri (dezechilibru între puterile mecanice şi electrice) P'_1, P'_2, P'_3 ... cu totalul P'.

Noul punct de echilibru se va găsi în C'_1 unde puterile mecanice se egalează din nou cu puterile electrice.

Diverşii rotori în mişcare, care au un moment de inerţie propriu, se rotesc în noua poziţie efectuând un travaliu :

$$\tau = \sum_1^n \int (T_m - T_{em})\, d\delta_m \qquad (6a)$$

în care T_m este un cuplu mecanic iar T_{em} este cuplu electric rezistent.

Admitem şi aci, aşa cum se face în mod curent în cercetarea stabilităţiei, că viteza de

sincronism variază neglijabil în această mișcare de pendulare a rotorului și stabilim cuplurile după cum urmează :

$$T_m = \frac{y_m E_m U' \sin \delta'_m}{\omega} \; ; \; T_{em} = \frac{y_m E_m U \sin \delta_m}{\omega} \quad (6b)$$

T_m fiind cuplu mecanic constant în timpul deplasării iar

T_{em} cuplu electric, variabil cu unghiul și tensiunea.

Travaliu total al rotorilor în mișcare este deci :

$$\tau = \sum_1^n T_m (\delta''_m - \delta'_m) - \frac{1}{\omega} \int_{\delta'_m}^{\delta''_m} \sum y_m E_m U \sin \delta_m d\delta_m \quad (6c)$$

S'a notat cu semnul ' unghiurile din poziția inițială și cu semnul '' unghiurile din poziția finală. Dacă diferențiem expresia (4) obținem :

$$- \sum_1^n y_m E_m \sin \delta_m \, d\delta_m = \left(y_s + \sum_1^n y_m \right) dU \quad (6d)$$

dacă înlocuim în partea a doua a expresiei lui τ obținem :

$$\tau = \sum_1^n T_m (\delta''_m - \delta'_m) + \frac{1}{\omega} \int_{U'}^{U''} \left(y_s + \sum_1^n y_m \right) U \cdot dU \quad (6e)$$

sau

$$\tau = \sum_1^n T_m (\delta''_m - \delta'_m) + \frac{y_s + \sum_1^n y_m}{2\omega} (U''^2 - U'^2) \quad (7)$$

Se observă că :

— primul termen reprezintă travaliul mecanic executat de cuplurile aplicate rotorilor care se deplasează între cele două poziții ;

— al doilea termen reprezintă diferența energiilor înmagazinate în câmpul magnetic între cele două poziții ale rotorilor.

4. APLICAREA PRINCIPIILOR DE MAI SUS LA STUDIUL STABILITĂȚII STATICE ȘI DINAMICE

Prima problemă care se pune cercetătorului unui sistem energetic complex este și aci reducerea la o schemă simplificată de tipul celei arătată mai sus. Se poate astfel alege bara cea mai încărcată a sistemului și face o analiză a tuturor plecărilor și sosirilor dela surse, pentru această bară. Astfel :

a) Toate sosirile dela surse vor putea fi înlocuite cu tot atâtea mașini sincrone echivalente cărora li se vor determina reactanțele interne și tensiunile interne, în funcție de sarcinile active și reactive.

b) Toate plecările vor fi înlocuite cu o reactanță echivalentă sarcinei reactive, plus un consumator $P = f(U)$, pentru care se va alege curba cea mai potrivită, după natura lui.

c) In fine, o legătură electrică cu altă bară de unde pleacă sau vine energie, poate fi înlocuită cu un sistem echivalent : mașină sincronă plus sarcină.

Toate sarcinile se adună într'o sarcină unică :

$$P = f(U), \qquad Q = y_s U^2$$

Astfel sistemul s'a redus riguros la modelul schematizat și de aci înainte putem întocmi diagrama de funcționare din fig. 2.

Pe un asemenea model cercetarea stabilității statice este extrem de simplă, după cum am arătat în studiul : „Cauza supratensiunei prelungite în rețelele cu neutru izolat" (vezi Buletin Instit. Energetică 1953 — Studii și Cercetări), studiu în care s'a cercetat stabilitatea unor situații, pe această cale. In privința stabilității statice ne oprim aci numai la constatarea făcută în studiul amintit că situațiile stabile sunt pentru unghiuri COC_1 (vezi fig. 2) sub 45°.

Aci vom arăta pe scurt posibilitățile de studiu ale stabilității dinamice pe un asemenea model *care după cum se vede permite examinarea unui sistem cu un număr mare de uzini și consumatori.* (Se cunosc dificultățile mari ce se întâmplă pentru sisteme cu mai mult de trei centre consumatoare sau generatoare).

Dăm în rezumat condițiile ce trebuesc introduse pentru studiul stabilității dinamice :

1. Reactanțele generatorilor vor fi cele de scăpări iar tensiunea internă va fi cea din spatele reactanței de scăpări.

2. Curba sarcinei $P = f(U)$ trebue determinată pentru regimul de trecere din punctul inițial, unde s'a produs dezechilibrul, la punctul nou unde s'ar putea restabili. Nu ne vom ocupa aci de această curbă, problema fiind mai vastă.

3. Se va presupune că sarcina reactivă variază în timpul pendulării generatorilor, cu pătratul tensiunei, ceeace permite utilizarea formulei generale stabilită la punctul 3 și trasarea graficului din fig. 2.

4. Se trasează punctul de funcționare în momentul când s'a produs dezechilibrul între cuplurile electrice și cele mecanice.

5. Se găsește punctul de echilibru nou pe care va funcționa sistemul și se analizează dacă este sau nu stabîl. Un criteriu comod este cel arătat în cazul stabilității statice $\left(\frac{dQ}{dU} < 0 \right)$, care se poate aplica în mod identic și aci pe diagramă (vezi aplicarea lui în studiul amintit din Bul. Inst. Energetică 1953), și în cazul stabilității dinamice dacă s'au introdus reactanțele de scăpări și o curbă potrivită pentru consumatorul de energie activă $P = f(U)$.

5. CRITERIILE OPTIMISTE

Pe figura 3 să presupunem că s'au făcut operațiunile indicate mai sus, adică :

— S'a găsit punctul 1 al funcționării în momentul inițial când s'a produs dezechilibrul între cuplurile electrice și mecanice.

— S'a găsit punctul 2 pe curba $P = f(U)$ unde se va deplasa punctul de funcționare care trece la o nouă putere totală P_1 și unde

din nou sunt în echilibru cuplurile mecanice și electrice $\left(\frac{P_i}{\omega}\right)$. Constatarea că deplasarea se poate face pe curba $P=f(U)$—nu s'ar fi putut de exemplu face pe curba $P'=f'(U)$ —împreună cu cercetarea stabilității punctului 2 dau măsura stabilității dinamice.

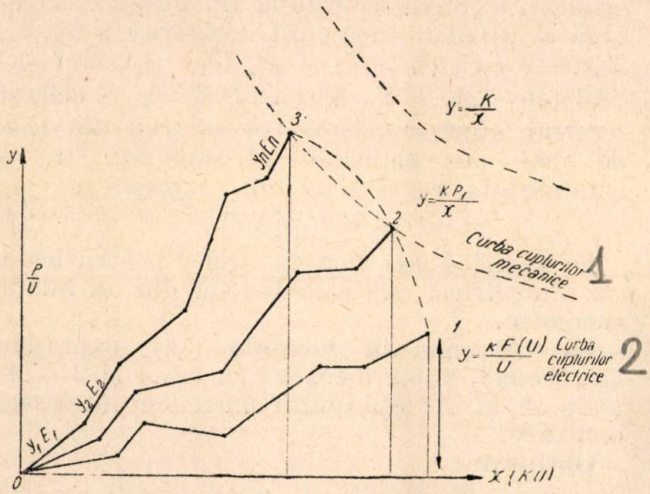


Fig. 3 Cercetarea stabilității dinamice

Intr'o apreciere optimistă s'ar putea afirma că sistemul este stabil :

a) Dacă curba de deplasare dinamică $P = f(U)$ a punctului 1 întâlnește curba pe care e posibil echilibrul pentru noua sarcină P_1 constanta, adică curba $xy = constant = P_x(y_s+y_m)$, (vezi formula 6). Aceasta din urmă curbă e de fapt a cuplurilor mecanice constante.

b) Dacă punctul de întâlnire al celor 2 curbe care dă punctul de funcționare satisface un criteriu de stabilitate, de exemplu criteriul : $\frac{dQ}{dU} < 0$.

6. CRITERIILE PESIMISTE PRIN PRIZMA BILANȚULUI ENERGETIC

Deplasarea dela punctul 1 la punctul 2 cu împlinirea condițiilor dela *a* și *b* de mai sus nu e suficientă, spun pesimiștii, căci rotorii în deplasare dela punctul 1 la 2 au căpătat o forță vie și vor trece dincolo de punctul 2, putând eventual eși din sincronism.

Depășirea punctului 2 de echilibru se face tot după o curbă $P = f(U)$ care întâlnește din nou hiperbola dată de $P_1 = c$, P_1 fiind noua putere totală care corespunde noilor cupluri aplicate arborilor. Intâlnirea celor două curbe se face în punctul 3, de exemplu. Se observă :

Pe porțiunea 1—2 cuplurile mecanice sunt inferioare celor electrice, rotorii având o tendință de accelerare, pe când în porțiunea 2 — 3, rotorii sunt frânați deoarece cuplurile mecanice sunt inferioare celor electrice rezistente.

Criteriul de stabilitate în acest caz se poate determina din condiția ca travaliul efectuat de rotori în porțiunea 1—2 și care e acumulat în forța vie a rotorilor ajunși în punctul 2, să fie mai mic decât travaliul de semn contrar din porțiunea 2—3. In acest caz forța vie a rotorilor, acumulată în punctul 2, nu va putea duce rotorii dincolo de punctul 3, situație care ar coduce la o prăbușire deoarece dincolo de punctul 3 cuplul mecanic devine din nou mai mare decât cel electric, rotorii accelerându-se indefinit.

Se pot face multe considerațiuni și discuții asupra acestei condiții pe care din lipsă de spațiu nu le arătăm, ci numai dăm mai jos condiția matematică a stabilității dinamice, așa cum rezultă din expunerea de mai sus :

Travaliul pe porțiunea 1—2 este dat de formula (7) în care δ''_m și δ'_m corespund pozițiilor 2 și 1 la fel ca și U'' și U'.

O expresie identică va reprezenta travaliul între punctele 2 și 3. Evaluarea celor două travaliuri va lămuri dacă sistemul este sau nu stabil.

Acest criteriu este pesimist deoarece deplasarea rotorilor se face amortizat și deci în frânarea lor pe porțiunea 2-3, intervin și alte forțe favorabile stabilității.

7. O APLICAȚIE A CELOR DE MAI SUS : METODA ARIILOR

Cunoscuta „metodă a ariilor" nu este de fapt decât un caz simplificat și limitat al principiilor expuse mai sus. Metoda ariilor, consideră un generator unic ce funcționează pe o bară cu tensiunea constantă (bară de putere infinită).

Pe bară se găsește deci cel puțin încă un generator, care menține tensiunea constantă în timpul unui dezechilibru între puterea mecanică și cea electrică a generatorului considerat, căruia i se caută condițiile de stabilitate.

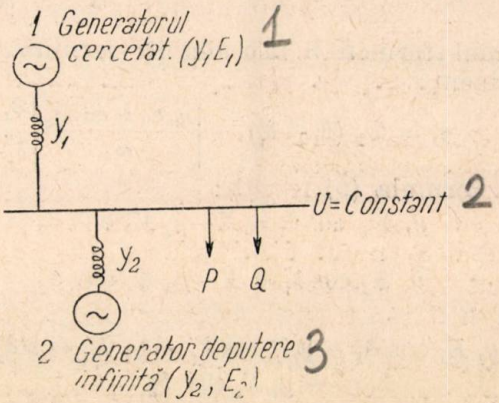


Fig. 4. Generator funcționând pe bară de putere infinită

Dacă în formula 7 facem $U'' = U'$ obținem travaliul total al rotorilor (vezi fig. 4 și formula 7) ținând seamă că deplasarea se face dela δ''_1, δ''_2 la δ_1, δ_2 :

$$\tau_1 + \tau_2 = T_1 (\delta_1 - \delta''_1 + T_2 (\delta_2 - \delta''_2) \quad (7a)$$

sau

$$\tau_1 = T_1 (\delta_1 - \delta''_1) + T_2 (\delta_2 - \delta''_1) - \tau_2 \quad (8)$$

se obține travaliul rotorului mașinei 1 între două poziții. Se poate reprezenta grafic ca în fig. 5.

In fig. 5 punctul a'' este punctul unde s'a produs dezechilibrul, punctul a este noul punct de echilibru unde puterea electrică este egală cu cea mecanică iar a' punctul până unde vor oscila generatorii.

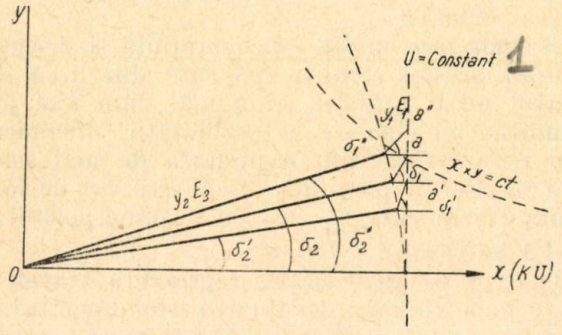


Fig. 5. Reprezentarea grafică pentru tensiunea barei echivalentă celei cunoscute din metoda ariilor.

Condiția $U = constant$ înseamnă (8a)

$$y_1 U E_1 \cos\delta_1 + y_2 U E_2 \cos\delta_2 = (y_1 + y_2 + y_s) U_2 \text{ sau :}$$

$$y_1 E_1 \cos\delta_1 + y_2 E_2 \cos\delta_2 = K \qquad (9)$$

Travaliul generatorului de mare putere 2 pentru menținerea tensiunei constante în deplasarea dela a'' la a

$$\tau_2 = \int_{\delta_2''}^{\delta_2} \left(T_2 - \frac{y_2 E_2 U \sin\delta_2}{\omega} \right) d\delta_2 \qquad (9a)$$

sau

$$\tau_2 = T_2 (\delta_2 - \delta_2'') + \left| \frac{y_2 E_2 U \cos\delta_2}{\omega} \right|_{\delta_2''}^{\delta_2} \qquad (9b)$$

sau

$$T_2 (\delta_2 - \delta_2'') - \tau_2 = - \left| \frac{y_2 E_2 U \cos\delta_2}{\omega} \right|_{\delta_2''}^{\delta_2} \qquad (9c)$$

primul termen îl înlocuim în formula (8) și obținem :

$$\tau_1 = T_1 (\delta_1 - \delta_2'') - \left| \frac{y_2 E_2 U \cos\delta_2}{\omega} \right|_{\delta_2''}^{\delta_2} \qquad (9d)$$

Din formula (9) rezultă :

$$y_1 E_1 \cos\delta_1 = K - y_2 E_2 \cos\delta_2 \qquad (9e)$$

și

$$y_1 E_1 \cos\delta_1'' = K - y_2 E_2 \cos\delta_2'' \qquad (9f)$$

sau

$$y_1 E_1 \cos\delta_1 - y_1 E_1 \cos\delta_1'' = y_2 E_2 \cos\delta_2'' - y_2 E_2 \cos\delta_2 \qquad (9g)$$

deci

$$\tau_1 = T_1 (\delta_1 - \delta_1) + \frac{y_1 E_1 U \cos\delta_1}{\omega} - \frac{y_1 E_1 U \cos\delta_1''}{\omega} \qquad (10)$$

Dacă se caută deplasarea mai departe dela a la a' se găsește analog :

$$\tau_1' = T_1 (\delta_1' - \delta') + \frac{y_1 E_1 U \cos\delta_1'}{\omega} - \frac{y_1 E_1 U \cos\delta_1}{\omega} \qquad (10a)$$

cele două travalii egale vor da punctul maxim până unde se poate mișca rotorul. Inlocuind pe T_1 cu $\frac{P_1}{\omega}$ se obține :

$$P_1 (\delta_1 - \delta_1'') + y_1 E_1 U (\cos\delta_1 - \cos\delta_1'') = P_1 (\delta_1' - \delta_1) + y_1 E_1 U (\cos\delta_1' - \cos\delta_1). \qquad (10b)$$

Se obține de fapt în cei doi membrii ai acestei egalități expresia celor două arii din așa zisa metodă a „ariilor" după cum se observă în fig. 6_1. Termenii $P_1 (\delta_1 - \delta_1'')$ și $P_1 (\delta_1'' - \delta_1)$ sunt suprafețele A, B, δ_1'', δ_1 și B, C, δ_1', δ_1 — ceilalți termeni sunt suprafețele ce se scad din cele de mai sus obținându-se suprafața a, b (suprafețele ce se scad au expresia $\int y_1 E_1 U \sin\delta$). (10c)

Se verifică deci metoda ariilor pentru acest caz simplificat care e dedus tot din un bilanț energetic.

Să înlocuim în formula (10) expresiile $y_1 E_1 U \cos\delta_1$ și $y_1 E_1 U \cos\delta_1''$ cu $2\omega A$ și $2\omega A'$ unde A și A'' corespund energiilor intrinseci oscilante.

Obținem :

$$\tau_1 = T_1 (\delta_1 - \delta_1'') + 2 (A - A'') \qquad (11)$$

Să căutăm acum din nou travaliul aceluiași generator funcționând însă singur pe bază, fără un alt generator de mare putere și alimentând aceiași sarcină. Considerăm la fel că la un moment dat există un dezechilibru între

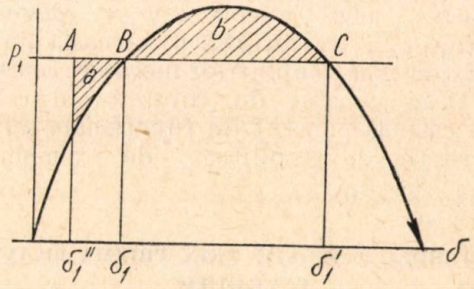


Fig. 6. Metoda ariilor

puterea mecanică aplicată rotorului și puterea electrică. Dacă presupunem că puterea reactivă a sarcinei variază cu pătratul tensiunei ($Q = y_s U^2$) se obține scriind condiția de echilibru a puterilor reactive :

$$y_1 E_1 \cos\delta = (y_1 + y_s) U \qquad (12)$$

Dacă în urma dezechilibrului produs rotorul s'a deplasat dela unghiul δ_1'' la δ_1 travaliul executat de rotor are expresia :

$$\tau = \int_{\delta_1''}^{\delta_1} \left(P_m - \frac{y_1 E U \sin\delta}{\omega} \right) d\delta \qquad (12a)$$

sau

$$\tau = \frac{\delta_1 - \delta_1''}{\omega} - \int_{\delta_1''}^{\delta_1} \frac{y_1 E_1 U \sin\delta \, d\delta}{\omega} . \qquad (13)$$

Schimbăm și aci variabila δ cu U și obținem diferențiind expresia (12) : (13a)

$$-y_1 E_1 \sin\delta \, d\delta = (y_1 + y_s) \, dU$$

înlocuim pe $-y_1 E_1 \sin \delta$ din expresia (13) și integrăm între U și U'' care corespund lui δ_1 și δ_1''

$$\tau = P_m \frac{d_1 - \delta_1}{\omega} + \int_{U''}^{U} \frac{(y_1 + y_s)\, U\, d\, U}{\omega} \qquad (13b)$$

sau

$$\tau = P_m \frac{\delta_1 - \delta''}{\omega} + (y_1 + y_s) \frac{U^2 - U''^2}{2\omega} \qquad (13c)$$

observăm că (vezi expresia 12) :

$$y_1 E_1 U \cos \delta = (y_1 + y_s)\, U^2 = 2\, \omega\, A \qquad (13d)$$

înlocuim în expresia travaliului

$$\tau = P_m \frac{\delta_1 - \delta_1''}{\omega} + (A - A'') \qquad (13e)$$

sau înlocuim $\frac{P_m}{\omega}$ cu cuplul mecanic T_m

$$\tau = T_m\, (\delta_1 - \delta_1'') + (A - A'') \qquad (14)$$

Dacă comparăm expresia (14) cu expresia (11) observăm :

In expresia (14) unde nu mai există nici o altă sursă de energie afară de generatorul considerat, travaliul total este egal cu travaliul mecanic executat de cuplul mecanic aplicat rotorului, plus cantitatea de energie oscilantă ce s'a adăugat sau scăzut în urma deplasării tensiunei dela valoarea U la U''.

In primul caz în care tensiunea U rămâne constantă (formula 11), menținerea tensiunei constante pare să ceară un travaliu în plus, și anume dublarea energiei oscilante, care corespunde după cum s'a văzut din calculul făcut mai sus deplasărilor celorlalte surse (a generatorului de mare putere) pentru a compensa variația tensiunei.

Dacă se continuă comparația între aceste 2 cazuri extreme : generator pe bară de putere infinită și generator funcționând singur pe o sarcină se găsește că în primul caz unghiul maxim posibil între vectorii E și U fără pierdere a stabilității e 90^0, concluzie în prezent clasică, iar în al doilea caz numai 45^0, (demonstrație făcută în lucrarea „Cauza supratensiunei prelungite — Bul. Inst. Energetică 1953), concluzie extrem de interesantă. In problemele de stabilitate statică se poate spune că unghiul maxim stabil al generatorului pe o bară variază între limitele $45^0 - 90^0$ după caracteristica barei respective. Insist asupra acestei concluziuni deoarece majoritatea practicienilor iau ca normă unghiul de 90^0 care de altfel este menționat și în toate lucrările de specialitate, în această direcție făcându-se încă multe erori în calcule simplificate de stabilitate.

Inainte de a termina această aplicație simplă menționăm că formula (14) poate fi considerată ca reprezentând fenomenul fizic real în deplasarea rotorilor, fiind cazul particular al formulei (7), în care dacă scrim :

$$\frac{y_1 + \sum_1^n y_m}{2\omega} (U''^2 - U'^2) = \frac{2\, \omega\, (A'' - A')}{2\omega} \qquad (15)$$

obținem :

$$\tau = \sum_1^n T_m (\delta_m'' - \delta_n') + (A'' - A') \qquad (16)$$

adică :

Travaliul total al rotorilor care s'au deplasat din cauza unui dezechilibru între cuplurile mecanice Tm și cele electrice este egal cu suma travaliilor cuplurilor mecanice între cele 2 poziții plus diferența ce intervine în energia oscilantă a circuitelor electrice.

Mai observăm înainte de a încheia că acest aspect fizic al mișcării rotorilor a fost posibil în urma noii definiții a puterei totale reactive : $(y_s + \sum_1^n y_n)\, U^2$, în care s'a ținut seama și de consumația internă în reactanțele generatorilor.

8. CONCLUZII

In fond calea ce s'a schițat aci pentru analiza stabilității pornește dela două principii de bază :

a) Reducerea sistemului la o bară unică, ceeace permite obținere a unor expresii matematice relativ simple și o reprezentare grafică extrem de interesantă (nu s'a putut desvolta aci avantajele acestei reprezentări). Astfel clasicul generator unic echivalent, folosit atât de mult în lămurirea fenomenelor din rețelele electrice se înlocuește de fapt cu un consumator unic echivalent.

Bineînțeles și aci ca și în cazul generatorului echivalent, lucrul nu e întotdeauna ușor și de multe ori aproximațiile devin prea mari. In aceste din urmă cazuri metoda nu mai este exactă.

b) Căutarea bilanțului energetic total al sistemului care s'a deplasat, pentru a se deduce dacă stările stabile sunt sau nu posibile. Energia intrinsecă oscilantă are un rol hotărîtor, care aci a fost numai schițat. După cum s'a văzut mai sus ea apare în valoarea travaliului rotorilor în cursul deplasării lor.

Un exemplu lămuritor asupra posibilităților principiilor propuse aci, a fost dat în lucrarea „Cauza supratensiunei prelungite" unde s'a reușit a se determina situațiile ce rezultă în cazul unui număr oarecare de uzini, cu unghiuri interne diferite.

★

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ДВИЖУЩИХСЯ РОТОРОВ. ОБЩИЙ ПРИНЦИП АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Резюме

Автор указывает на возможность теоретической оценки общих условий в которых находится сеть с точки зрения устойчивости энергетических систем и предлагает новый путь исходя из двух основных принципов: приведения системы к единой шине и нахождения общего энергетического баланса перемещенной системы.

MIJLOACE ARTIFICIALE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A FACTORULUI DE PUTERE

Prof. Dr. Ing. GH. PETRESCU

In cadrul unei serii de articole tratând aspectele tehnico-economice ale problemei factorului de putere, prezentul articol constituie o scurtă expunere asupra principalelor mijloace artificiale de îmbunătățire a factorului de putere în rețele electrice. Se face o prezentare succintă a condițiilor de folosire a mașinilor sincrone supraexcitate, o analiză a condițiunilor de fabricație și de exploatare a condensatorilor statici, o scurtă descriere a sistemului de sincronizare a motoarelor asincrone, folosind pentru excitație redresori uscați, și o expunere sumară a principiului montajului în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector.

I. Considerațiuni generale

In două articole anterioare [1]), s'au arătat care sunt cauzele și efectele scăderii factorului de putere în rețelele electrice precum și care sunt măsurile tehnico-organizatorice ce se pot lua în vederea îmbunătățirii factorului de putere în aceste rețele. Trebue să se precizeze însă că, deși măsurile tehnico-organizatorice pentru îmbunătățirea factorului de putere natural al receptorilor, indicate în articolul precedent, sunt recomandate a fi utilizate, — ele nu sunt suficiente pentru a obține o valoare satisfăcătoare a factorului de putere, chiar dacă ar fi în întregime aplicate.

In consecință, este nevoie de a se recurge la mijloace speciale de producerea puterii reactive absorbite de receptorii din rețea, în puncte cât mai apropiate de acești receptori.

In cadrul articolului de față sunt descrise aceste mijloace, așa numite „artificiale", de îmbunătățire a factorului de putere, indicându-se principalele lor caracteristice funcționale.

Comparația dintre aceste diferite mijloace de îmbunătățire a factorului de putere, în vederea stabilirii domeniului de utilizare a fiecăruia, va fi făcută într'un articol viitor („Bazele tehnico-economice ale programului de îmbunătățire a factorului de putere în rețelele electrice").

Prin mijloace artificiale de îmbunătățire a factorului de putere se înțeleg acele mijloace care folosesc instalații speciale destinate producerii puterii reactive.

Cele mai întrebuințate dintre aceste mijloace sunt :

— mașinile sincrone supraexcitate ;
— condensatorii statici ;
— sincronizarea motoarelor asincrone ;
— montajul în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector sau utilizarea de motoare asincrone compensate.

[1]) Aspectele tehnico-economice ale problemei factorului de putere. Cauzele și efectele scăderii factorului de putere în rețelele electrice. Revista Energetica nr. 3, Martie 1953.
Aspectele tehnico-economice ale problemei factorului de putere. Măsurile tehnico-organizatorice pentru îmbunătățirea factorului de putere în rețelele electrice. Revista Energetica nr. 5, Mai 1953.

II. Utilizarea mașinilor sincrone pentru îmbunătățirea factorului de putere

Principiul care stă la baza utilizării mașinilor sincrone funcționând în regim supraexcitat este cunoscut din electrotehnică. Se consideră totuși util de a fi prezentat sub o formă schematică nouă în diagrama din fig. 1 *a*.

Dacă se notează cu U tensiunea rețelei, cu I curentul produs de mașina sincronă, cu r și cu x rezistența și respectiv reactanța mașinei sincrone, forța ei electromotoare E rezultă din relația vectorială :

$$\overline{E} = \overline{U} + \overline{rI} + \overline{xI}$$

Această relație este reprezentată în diagrama vectorială din fig. 1 *a*.

Descompunând curentul I în cele două componente, curentul activ $I_a = I \cos \varphi$, corespund puterii active și curentul reactiv $I_r = I \sin \varphi$ corespunzând puterii reactive, diagrama ia forma din fig. 1 *b*.

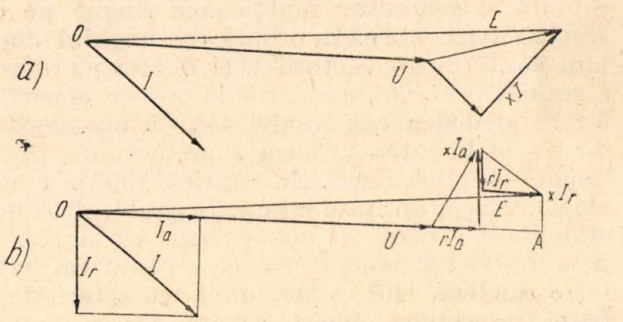


Fig. 1

In această diagramă se poate considera că valoarea forței electromotoare E este practic egală cu valoarea segmentului

$$OA = U + rI_a + xI_r.$$

In ipoteza că tensiunea rețelei U este constantă și pentru o anumită valoare a puterii active furnizată de mașină și deci pentru o anumită valoare a segmentului rI_a, rezultă că prin variația forței electromotoare E obținută prin variația curentului de excitație se va produce o variație a segmentului xI_r adică a puterii reactive produse de mașină.

Utilizarea mașinilor sincrone supraexcitate pentru producerea puterii reactive poate să aibe trei aspecte diferite :

a) Utilizarea de mașini sincrone în centralele electrice sub forma de alternatori producând atât putere electrică activă cât și putere reactivă.

b) Utilizarea de mașini sincrone în rețea sub formă de motoare sincrone supraexcitate, absorbind putere electrică activă pentru a o transforma în putere mecanică (sau în putere electrică în cazul convertizorilor sincroni) și producând și putere reactivă.

c) Utilizarea de mașini sincrone pentru a produce numai putere reactivă sub formă de compensatori sincroni.

Dat fiind că motoarele sincrone nu au cuplu de pornire, punerea lor în funcțiune necesită dispozitive speciale de pornire, care limitează utilizarea lor numai la cazul când pornirea se face în gol. Cel mai utilizat dintre aceste dispozitive în special în cazul compensatorilor sincroni este folosirea unui sistem de bare montate pe rotor sub forma unei colivii, servind atât pentru pornirea asincronă cât și pentru amortizarea eventualelor oscilații pendulare în funcționare.

In ceeace privește condițiunile de fabricație și de exploatare privind mașinile sincrone sunt valabile aceleași considerațiuni ca și pentru celelalte mașini electrice.

III. Utilizarea condensatorilor statici pentru îmbunătățirea factorului de putere

1. PRINCIPIUL COMPENSĂRILOR

Compensarea factorului de putere prin condensatori statici este bazată pe principiul cunoscut din electrotehnică că prin montarea în derivație cu receptorii inductivi, a unor condensatori statici, aceștia absorb un curent capacitiv decalat $\frac{\pi}{2}$ înaintea tensiunii, compensând în total sau în parte curentul inductiv absorbit de receptori, care este decalat cu $\frac{\pi}{2}$ în urma tensiunii.

Explicația fizică a faptului aparent paradoxal că curentul capacitiv este decalat înaintea tensiunii care îl determină este următoarea :

Dacă la bornele unui condensator de capacitate C se aplică o tensiune alternativă $u = U \sin \omega t$, circuitul condensatorului va fi străbătut de un curent care corespunde deplasării sarcinilor electrice de încărcare și descărcare a condensatorului.

O variație elementară du a tensiunei într'un timp dt antrenează încărcarea condensatorului cu o cantitate de electricitate $dq = Cdu = idt$, care necesită trecerea unui curent finit

$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du}{dt}.$$

In momentul când tensiunea este nulă, trecând dela valori negative la valori pozitive, sarcina electrică a condensatorului se anulează. Procesul de descărcare al sarcinilor negative fiind continuat, el conduce însă la o încărcare cu sarcini pozitive. Valoarea curentului de descărcare-încărcare care rezultă este maximă tocmai atunci când tensiunea este nulă. Dimpotrivă valoarea curentului se anulează atunci când tensiunea ajungând la valoarea maximă, condensatorul este complect încărcat.

In cazul când la bornele unei inductanțe L se aplică o tensiune alternativă u, din cauza variației curentului care o străbate ia naștere o forță electromotoare e, opusă tensiunei aplicate și dată de legea inducției :

$$e = -L\frac{di}{dt} = -u,$$

sau

$$u = L\frac{di}{dt}$$

In timp ce în cazul unei capacitanțe, curentul rezultă din variația tensiunei, fiind proporțional cu derivata tensiunei în raport cu timpul și deci decalat înaintea tensiunei, în cazul unei inductanțe, tensiunea rezultă din variația curentului, fiind proporțională cu derivata curentului în raport cu timpul și deci decalată înaintea curentului. In consecință, tensiunea fiind decalată înaintea curentului inductiv cu $\frac{\pi}{2}$ iar curentul capacitiv fiind decalat cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea tensiunii, rezultă că curentul capacitiv este decalat cu π, adică în opoziție cu curentul inductiv, realizând astfel compensarea acestuia.

2. CARACTERISTICILE CONDENSATORILOR

Utilizarea condensatorilor statici pentru îmbunătățirea factorului de putere a luat o desvoltare mai mare în ultimii 20 ani. Acest lucru se datorește perfecționării metodelor de fabricație și în special ameliorării calității materialelor întrebuințate, ceeace a condus la micșorarea consumului de materiale, reducerea pierderilor specifice și mărirea siguranței de funcționare.

Ca principiu de construcție, condensatorii electrici constitue unul din tipurile cele mai simple de aparataj electric. Toată dificultatea construcției lor rezidă în folosirea unei tehnologii de fabricație cât mai îngrijită și alegerea unor materiale care să le asigure o bună calitate cu un cost avantajos.

Cu titlul informativ se indică următoarele date asupra condensatorilor fabricați în U.R.S.S.

Condensatorii sunt de putere mică, cu secțiuni plane, impregnați cu ulei mineral sau cu sovol. Ei sunt prevăzuți cu rezervoare de

formă paralelipipedică și sunt destinați a fi instalați în încăperi închise.

Principalele caracteristici tehnice ale acestori condensatori sunt indicați în tabela 1.

Tabela 1

Nr.	Tipul	Nr. de faze	Tensiunea nominală V	Puterea la 50 Hz kVar	Curentul A	Capacitatea mf	Greutate totală kg	Greutate pe kVar kg
1	KM — 0,22—3—3 . .	3	220	3,3	8,8	220	23	7
2	KM — 0,38—5—3 . .	3	380	5,0	7,5	110	22	4,4
3	KM — 0,5—8—3. . .	3	500	8,6	10,0	110	22	2,56
4	KM — 3 —10—1. . .	1	3000	10,0	3,3	3,55	23	2,30
5	KM — 6 —10—1. . .	1	6000	10,0	1,7	0,89	24	2,40
6	KM — 10—10—1 . .	1	10000	10,0	1,0	0,32	25	2,50

Din examinarea acestor date se constată că pentru condensatorii de înaltă tensiune de 3 kV, 6 kV și 10 kV este aceiași greeutate pe kVar deoarece la construcția lor se folosesc aceeași tipuri de secțiuni montate în serie în număr cu atât mai mare cu cât tensiunea este mai ridicată.

Dimpotrivă pentru condensatorii de joasă tensiune (220 V, 380 V și 500 V) se constată o importantă creștere a greutății pe kVar a condensatorilor pe măsura scăderii tensiunii, ceeace se explică printr'un consum mai mare de materiale din cauza necesității de a folosi grosimi specifice mai mare de dielectric datorită dificultății de a se obține un dielectric perfect uniform în straturi prea subțiri.

In ce privește prețul, se constată o creștere importantă a prețului pe kVar al condensatorilor pe măsura scăderii tensiunei, fapt care se explică prin necesitatea utilizării unei hârtii mai subțiri și deci mai scumpe cu cât tensiunea este mai redusă.

Odată cu desvoltarea fabricației de condensatori statici ei și-au găsit o largă aplicație în U.R.S.S., astfel încât în anul 1941 în unele rețele raionale nu mai există nevoia de condensatori. Puterea condensatorilor instalați atingea 15% din puterea reală maximă a rețelelor.

3. EXLOATAREA CONDENSATORILOR STATICI

a) *Montaj și protecție.* Condensatorii de înaltă tensiune, de putere mare și de putere medie se fabrică atât în construcție monofazată cât și în construcție trifazată. Cei de putere redusă se fabrică aproape numai în construcție monofazată. Condensatorii pentru tensiuni până la 500 V se fabrică numai în construcție trifazată.

Montajul condensatorilor se face atât în triunghi cât și în stea, cu neutrul accesibil sau de cele mai multe ori izolat. Până la tensiunea de 500 V toate secțiunile din care se execută condensatorii sunt montate în derivație pe fiecare fază.

Pentru tensiuni mai ridicate se întrebuințează montajul în serie sau în serie paralel a mai multor secțiuni.

La cele mai multe construcții de condensatori se utilizează protecția individuală a secțiunilor împotriva scurtcircuitelor. In acest scop armăturile fiecărei secțiuni se conectează cu bornele condensatorului sau cu alte secțiuni prin conductori de un diametru redus care joacă rolul de siguranțe fuzibile. In caz de scurtcircuit într'o secțiune prin topirea acestor conductori, secțiunea defectă este deconectată și condensatorul continuă să rămână în exploatare.

Protecția individuală a secțiunilor face ca protecția individuală a condensatorilor prin siguranțe fuzibile să fie de cele mai multe ori inutilă. Pentru protecția întregii instalații împotriva altor avarii, bateriile de condensatori sunt în mod obligatoriu prevăzute cu siguranțe fuzibile sau cu un întrerupător automat.

In anumite cazuri bateriile de condensatori pot fi prevăzute și cu dispozitive speciale de protecție împotriva supratensiunilor, împotriva punerilor la pământ și împotriva creșterii temperaturii mediului ambiant.

Condensatorii statici trebuesc instalați în construcții închise, special amenajate pentru a permite cu ușurință montajul, controlul și întreținerea în exploatare, și aerisite în mod special pentru a asigura o bună răcire.

Indicațiuni de detaliu cu privire la condițiunile acestor construcții și asupra montajului condensatorilor sunt date în lucrarea „Instalațiuni de condensatori pentru ameliorarea factorilor de putere" de B. A. Poliacov (cap. XI și cap. XII).

In anumite cazuri și în mod special în cazul când se urmărește studiul condițiunilor de îmbunătățire a factorului de putere prin utilizare de condensatori, se realizează și baterii de condensatori mobile care se pot deplasa dintr'un punct în altul al rețelei și care se pot așeza în aer liber fiind protejate cu o carcasă de oțel.

b) *Caracteristici de funcționare. Durată de viață.* Răcirea condensatorilor trebue să fie făcută în condițiuni foarte bune deoarece temperatura maximă admisibilă a elementelor interioare ale condensatorului nu trebue să depășească 60°C iar temperatura uleiului din stratele superioare nu trebue să depășească 50°C. Funcționarea condensatorilor la temperaturi mai ridicate conduce la încălzirea dielectricului și la reducerea duratei de funcționare a condensatorului.

Calculul termic al condensatorilor este făcut pentru o temperatură a mediului ambiant de 35°C. In consecință nu este recomandabilă utilizarea condensatorilor în condițiuni în care temperatura mediului ambiant depășește 35° C.

In caz de defectarea unei secțiuni prin scurtcircuitare, tensiunea repartizată asupra celorlalte secțiuni montate în serie cu secțiunea

defectă crește, producând o încălzire anormală a acestor secțiuni, ceeace determină după un timp oarecare defectarea unei a doua secțiuni și așa mai departe până ce străpungerea secțiunilor duce la un scurtcircuit între bornele condensatorului.

Necesitatea de a se ajunge la un cost avantajos pentru condensatorii statici a condus la adoptarea unor valori ridicate pentru câmpul electric în dielectric, deoarece greutatea specifică a hârtiei impregnate pe kVar variază invers proporțional cu patratul intensității câmpului electric.

Intr'adevăr, în comparație cu alte tipuri de aparataj electric și în special în comparație cu cablurile subterane izolate cu hârtie impregnată, se constată că pe când la cablurile de 6 kV intensitatea maximă a câmpului este de circa 2 kV/mm iar la cablurile de 35 kV este de 4 kV/mm, la condensatorii de 380 V intensitatea câmpului este de 11,9 kV/mm iar la condensatorii de 6 kV este de 12,5 kV/mm. Aceste valori corespund la tensiunea nominală de funcționare. In cazul unei variațiuni de tensiune, intensitatea câmpului crește proporțional cu tensiunea, iar pierderile în dielectric cresc cu pătratul tensiunei. Amândoi acești factori conduc în consecință la o agravare a condițiunilor de funcționare ale condensatorului și la scurtarea duratei lui de viață.

După diferite cercetări se poate considera că durata de funcționare a condensatorilor este dată de o relație de forma

$$t = \frac{k}{U^n}$$

în care : k este o constantă, U este tensiunea nominală de funcționare și $n = 5$.

Din această cauză prescripțiile tehnice pentru condensatori limitează variațiunile admisibile de tensiune stabilind două feluri de limite :

— creșterea de tensiune de durată, adică într'un interval de timp nelimitat care este relativ redusă ;

— creșterea de tensiune admisibilă timp de câteva ore care este de maximum 15%.

Din punct de vedere practic, nu există însă date precise asupra duratei de viață a condensatorilor statici, din cauza timpului relativ scurt de când se întrebuințează acești condensatori.

Din această cauză durata de funcționare a condensatorilor nu este stabilită prin prescripții tehnice și nu este garantată de fabricile producătoare.

Totuși experiența căpătată din exploatările existente de condensatori confirmă că aceste instalații au o siguranță de funcționare destul de ridicată. In numeroase rețele electrice din U.R.S.S. există condensatori izolați cu hârtie impregnată care funcționează de peste 10 ani.

Ținând seama de aceste constatări se poate considera ca durată de viață în condiții normale de exploatare, cel puțin 10 ani, urmând ca pe măsura acumulării de noi date rezultate din exploatare, această cifră să poată fi depășită.

Până atunci în calculele economice cota de amortizare a instalațiilor de condensatori poate fi luată de 10%.

Variațiunile de tensiune antrenează și o variație a puterii reactive furnizată de condensator conform relației :

$$Q_c = C\omega U^2.$$

In consecință pentru variațiuni de ±10% ale tensiunii, rezultă variațiuni în puterea reactivă produsă de condensatori de +21% și −19% adică o variație totală de 40% raportată la puterea nominală.

Aceste variațiuni ale puterii reactive constitue un important desavantaj ale instalațiilor de condensatori. deoarece ele sunt în opoziție cu necesitățile de exploatare ; scăderea tensiunii și deci și a puterii reactive este determinată deobiceiu tocmai de o creștere a sarcinei, iar creșterea tensiunei și a puterii reactive este determinată tocmai de o reducere a sarcinei în rețea.

Din relația de mai sus rezultă că puterea reactivă produsă de condensatori variază proporțional cu frecvența. Cum însă variațiunile de frecvență în exploatare sunt încadrate în limite restrânse, ele nu au influență practică asupra condițiunilor de funcționare ale condensatorilor.

Numai în cazul utilizării condensatorilor în rețele având alte frecvențe nominale decât 50 Hz se poate pune problema influenței schimbării frecvenței asupra funcționării condensatorilor.

c) *Funcționarea condensatorilor sub tensiune nesinusoidală.* In cazul când curba tensiunii de alimentare a instalației de condensatori nu este sinusoidală, funcționarea condensatorilor poate fi influențată într'o măsură cu atât mai importantă cu cât deformarea curbei de tensiune este mai accentuată.

Intr'adevăr, după cum se știe, o funcțiune nesinusoidală este echivalentă cu o sumă de funcțiuni sinusoidale, constituită dintr'un termen fundamental având frecvența funcțiunii periodice nesinudoidale și dintr'o serie de armonice având frecvențe mai ridicate multiple ale termenului fundamental.

Cum curentul produs de condensatori este proporțional cu frecvența ($I = UC\ \omega$) valoarea curenților diferitelor armonice este cu atât mai amplificată cu cât frecvența lor este mai ridicată. In consecință rezultă că cu cât curba tensiunei este mai deformată, adică cu cât conține armonice de amplitudine mai mare și în special de frecvență mai ridicată, cu atât valoarea curentului produs de condensatori va fi mai mare pentru o aceeași valoare eficace a tensiunii.

Această situație poate avea următoarele consecințe pentru condensatori :

a) Incălzirea într'o măsură mai mare a instalațiilor de condensatori, ceeace poate reduce durata lor de viață.

b) Producerea de supratensiuni de rezonanță pe armonicele superioare care pot conduce la străpungerea izolației condensatorului.

c) Modificarea indicațiunilor aparatelor de măsură și în special ale contorilor de energie reactivă.

Datorită exploatării îndelungate a unui mare număr de instalații de condensatori, există în U.R.S.S. o cantitate suficientă de date asupra condițiilor anormale de funcționare care se pot produce în cazul când curba de tensiune conține armonice superioare.

In marea majoritate a instalațiilor de condensatori nu s'a observat nici un fel de dificultăți determinate de prezența armonicelor superioare. Numai în câteva cazuri prezența armonicelor a avut o influență nefavorabilă fie asupra funcționării instalațiilor de condensatori, fie asupra funcționării altor elemente ale aceluiași sistem electric, fie asupra funcționării liniilor de telecomunicații. Toate aceste dificultăți au fost îndepărtate prin măsuri simple și eftine. Indicațiuni mai precise asupra acestor măsuri sunt date în lucrarea menționată (cap. VIII par. 44).

Este interesant de menționat însă că s'au putut constata cazuri când, datorită armonicelor superioare care interveneau în unele instalații la anumite ore, curentul creștea până la o valoare egală cu 165—170% din curentul nominal și că prin măsurile luate el a putut fi redus la 125% din curentul nominal.

Trebue deasemeni menționat că valoarea maximă admisă de prescripțiile tehnice pentru curent datorită deformației curbei de tensiune este de circa 130% față de curentul nominal pentru o tensiune egală cu tensiunea nominală.

d) *Dispozitive pentru descărcarea condensatorilor.* In momentul deconectării unei baterii de condensatori, tensiunea alternativă aplicată are o valoare oarecare, cuprinsă între zero și tensiunea maximă, astfel încât de cele mai multe ori bateria de condensatori poate să rămână încărcată cu o sarcină electrică importantă.

Dacă circuitul dintre bornele condensatorului deconectat rămâne deschis, descărcarea condensatorului se face numai prin dielectricul lui, adică printr'o autodescărcare. Cum izolația condensatorilor moderni este de bună calitate, procesul de autodescărcare este relativ lung putând să dureze câteva ore. In acest timp între bornele condensatorului se menține o tensiune a cărei valoare poate fi destul de ridicată și care poate avea consecințe defavorabile în următoarele împrejurări :

Atingerea bornelor condensatorului pentru executarea diferitelor lucrări de control sau de montaj poate fi periculoasă pentru personalul de exploatare în special în cazul condensatorilor de înaltă tensiune.

Dacă în momentul conectării din nou a condensatorului la rețea, tensiunea rețelei are o valoare instantanee opusă tensiunei din condensator, curentul de descărcare care se produce poate avea o valoare ridicată, dăunătoare pentru instalație.

Pentru a se asigura securitatea deservirii instalațiilor de condensatori și pentru a se reduce vârfurile de curent în momentul conectărilor, este necesar să se realizeze o descărcare rapidă a condensatorilor imediat după deconectarea lor. In acest scop se întrebuințează reactanțe inductive sau rezistențe ohmice de descărcare care se conectează în paralel cu condensatorii.

Nu este nevoie de rezistențe de descărcare în cazul când în paralel cu condensatorul deconectat sunt legate bobinajele unui motor electric sau ale unui transformator.

Dacă, după ce tensiunea a scăzut la zero, se deschide circuitul de descărcare, se poate constata în unele cazuri că, după un oarecare timp, apar din nou sarcini electrice pe armăturile condensatorului și se creiază din nou tensiune între bornele lui. Acesta constitue fenomenul „sarcinei reziduale" care trebue luat în considerare în exploatările de condensatori, deoarece atingerea bornelor instalației de condensatori poate fi și în aceste condițiuni periculoasă pentru personalul de deservire în special în cazul condensatorilor de înaltă tensiune.

In lucrarea citată (cap. VI paragraf 32) sunt date indicațiuni de detaliu asupra condițiilor în care se face descărcarea și autodescărcarea condensatorilor precum și asupra schemelor de conexiune, normelor de calcul și prescripțiilor tehnice privitoare la dispozitivele de descărcare a condensatorilor.

e) *Fenomenele de comutație în instalațiile de condensatori.* Fenomenele de comutație în instalațiile de condensatori prezintă unele particularități în comparație cu fenomenele care se produc la conectarea și deconectarea mașinilor și transformatorilor.

Ele se apropie de acelea care se produc în cazul conectării și deconectării cablurilor sau a liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune funcționând în gol.

Aceste particularități se datoresc faptului că la conectarea condensatorului, el se încarcă sub acțiunea tensiunii aplicate, circuitul lui fiind străbătut de un curent transitoriu care depășește de câteva ori curentul normal. Deși durata acestui curent este foarte redusă, efectul lui termic poate fi suficient pentru a topi firul fuzibil al siguranței de protecție. Deasemenea dacă în circuitul condensatorului există o inductanță, cum ar fi bobinajul primar al unui transformator de intensitate, acest curent tranzitoriu poate produce supratensiuni importante. La deconectare, condensatorul păstrând o sarcină electrică după întreruperea curentului, poate conduce la străpungerea dielectricului dintre contactele întrerupătorului, adică la o nouă aprindere, complicând prin aceasta procesul deconectării.

Câtă vreme aceste fenomene nu erau însă suficient de bine studiate, influența lor asupra funcționării aparatajului electric era supraevaluată, ceeace conducea la complicații privind aparatajul și schemele de comutație. Astăzi însă existând un număr important de date atât teoretice cât și experimentale, studiile făcute asupra acestor fenomene au putut conduce la măsuri care să înlăture toate dificultățile în exploatare.

IV. Sincronizarea motoarelor asincrone

Deși sincronizarea motoarelor asincrone ca mijloc de ameliorare a factorului de putere este cunoscută de multă vreme, ea nu a fost folosită decât într'o măsură redusă din cauza complicației provocată de folosirea de mașini de curent continuu ca excitatrice pentru alimentarea circuitului rotoric al motoarelor asincrone.

Numai în ultimul timp acest mijloc de ameliorare a factorului de putere a căpătat o răspândire mai mare datorită simplicității realizate prin folosirea ca sursă de excitație a redresorilor semiconductori și în special a celor pe bază de seleniu.

Redresorii cu seleniu sunt constituiți dintr'o rondelă de fier nichelat având o grosime de 0,7...1,5 mm peste care se depune un strat anodic de seleniu având o grosime de maximum 0,1 mm acoperit cu un strat de aliaj catodic din cositor, cadmiu și bismut gros de 0,05 mm. Prin tratament termic aplicat redresorului se naște între aliajul catodic și seleniu un strat foarte subțire de ordinul unor zecimi de micron care dă redresorului calitățile de conductibilitate unilaterală.

Intr'adevăr în condițiuni normale de lucru rezistența directă a redresorului, adică atunci când curentul trece dela electrodul inferior de seleniu la electrodul superior, este cu mult mai mică decât rezistența inversă când curentul are sensul invers. În consecință și căderea de tensiune directă are o valoare mai redusă (1,4—1,6 V) față cu căderea de tensiune inversă care atinge 16—18 V. La construirea unui redresor pentru o anumită tensiune trebuesc montate în serie un număr suficient de mare de rondele pentruca valoarea tensiunei inversă să nu fie depășită.

Numărul și dimensiunea rondelelor montate în derivație sunt condiționate de valoarea curentului redresat.

Pentru obținerea unui curent cât mai constant se folosesc redresori trifazați constituiți din trei redresori monofazați având montajul în stea cu fir neutru sau din 6 redresori monofazați având montajul în punte.

In principiu schema de montaj în punte prezintă avantaje față de cea în stea cu fir neutru deoarece valoarea tensiunii redresate este mai ridicată și valoarea pulsațiilor de curent mai redusă (4% față de 18%). Numărul de rondele folosite este practic același în ambele montaje.

Din datele de exploatare indicate în lucrarea lui L. V. Litvac [1]) rezultă că redresorii cu seleniu au caracteristici de funcționare suficient de stabile. Uzura lor se produce după circa 10000—12000 ore de funcționare.

Redresorii cu seleniu sunt sensibili la variațiile de temperatură. Pentru a se evita o uzură rapidă încălzirea lor nu trebue să depășească 35° pentru o temperatură a mediului ambiant de 35°. Deasemenea redresorii cu seleniu prezintă o sensibilitate accentuată față de umiditate, astfel încât în cazul unei umidități mai mari ca 75% trebue folosită o protecție rezistentă la umiditate.

Randamentul redresorilor cu seleniu variază între 70...80% coborînd pe măsură ce rezistențele interioare cresc, adică pe măsură ce intervine uzura.

Valoarea curentului de excitație al motoarelor asincrone sincronizate este condiționată de necesitatea de a se obține un efect cât mai mare de compensare, iar pe de altă parte de considerațiile de încălzire maximă admisibilă a bobinajului rotorului.

In cazul montajului obișnuit al bobinajului rotoric în stea, folosind bobinajele de pe toate cele 3 faze, valoarea curentului continuu de excitație, care conduce la aceleași pierderi ca și curentul alternativ din rotorul motorului asincron este de maximum $I_e = 1{,}41\ I_a$.

Proprietățile motoarelor asincrone sincronizate sunt determinate de constatarea că aceste motoare au caracteristicile constructive ale mașinilor asincrone adică un întrefier redus și au în schimb caracteristicile funcționale ale mașinilor sincrone adică un flux inductor constant.

Din punct de vedere practic, din cauza întrefierului redus, reacțiunea magnetică a indusului este foarte puternică. In cazul mașinilor asincrone acesta nu prezintă nici un desavantaj deoarece în cazul unei supraîncărcări, creșterea curentului secundar de sarcină antrenează o creștere echivalentă a curentului primar determinând astfel o creștere corespunzătoare a cuplului.

In cazul motoarelor asincrone sincronizate valoarea fluxului inductor primar rămânând constantă independent de sarcină, rezultă că fluxul secundar de sarcină, datorită reacțiunii magnetice foarte puternice, poate să devină predominant determinând o ește din sincronism a mașinii.

In consecință motoarele asincrone sincronizate sunt caracterizate printr'o capacitate de supraîncărcare foarte redusă în regim de funcționare sincronă.

Capacitatea lor de supraîncărcare depinde de doi factori :

— Valoarea curentului de excitație I_e caracterizând valoarea fluxului inductor în funcționare sincronă.

[1]) *L. V. Litvac* : Problemele ameliorării factorului de putere în intreprinderile industriale. Editura Energetică de Stat, 1952 (trad.).

— Valoarea raportului $\frac{I_0}{I_n}$ între curentul de mers în gol și curentul nominal al motorului asincron, caracterizând valoarea curentului de magnetizare și deci valoarea întrefierului.

După indicațiile date de L. V. Litvac în lucrarea citată pentru motoarele de construcție normală și pentru un curent de excitație limitat de considerații de încălzire la $I_e = 1{,}41\ I_n$ valoarea cuplului maxim produs în motoarele asincrone sincronizate corespunde în mod aproximativ cu valoarea cuplului nominal.

Dacă se adoptă un coeficient de rezervă de 1,5 pentru a face față variațiunilor brusce de tensiuni și șocurilor de sarcină, rezultă că capacitatea maximă de încărcare a motoarelor asincrone sincronizate este de 0,75 din cuplul nominal.

In cazul când din cauza unei sarcini mai mari se produce o ește din sincronism, prin bobinajul rotorului trece atât curentul continuu de excitație cât și curentul alternativ de frecvența alunecării care determină un cuplu asincron. Variațiile de viteză și de curent care se produc în aceste condiții sunt dăunătoare pentru motor. Utilizarea de dispozitive automate pentru trecerea motorului în regim asincron în caz de suprasarcină și revenirea la regim sincron când sarcina a scăzut complică exploatarea și funcționarea motorului.

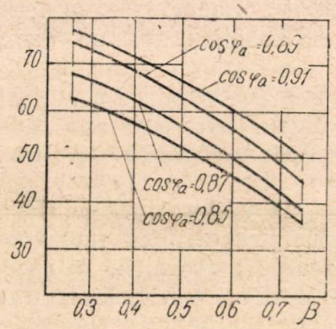


Fig. 2

Din această cauză se recomandă folosirea motoarelor asincrone sincronizate numai în cazul când condițiile de exploatare nu conduc la variațiuni brusce de sarcină.

Efectul compensator, adică aportul de putere reactivă al unui motor asincron sincronizat, prezintă două aspecte.

a) Anularea puterii reactive absorbită de motor dela rețea.

b) Restituirea unei puteri reactive suplimentare în rețea.

Pentru motoarele de construcție normală și pentru curentul de excitație $I_e = 1{,}41\ I_n$ se poate considera că în toate cazurile când sarcina motorului scade sub valoarea nominală motorul sincronizat lucrează cu un decalaj înainte, adică cu un factor de putere capacitiv, furnizând în rețea puterea reactivă. Valoarea puterii reactive furnizate crește cu valoarea factorului de putere nominal al motorului și este cu atât mai mare cu cât factorul de încălzire este mai redus. Variația puterii reactive furnizată, raportată la puterea activă nominală în funcție de factorul de încărcare este reprezentată de curbele din fig. 2 reproduse din lucrarea lui L. V. Litvac.

Efectul compensator total înglobând și anularea puterii reactive absorbită dela rețea este aproape independent de valoarea factorului de putere nominal depinzând de factorul de încărcare al motorului după cum rezultă din curbele din fig. 3.

V. Montajul în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector sau utilizarea de motoare asincrone compensate.

Imbunătățirea factorului de putere prin folosirea de mașini cu colector, fie prin montajul în cascadă cu motoare asincrone, fie prin utilizarea de motoare asincrone compensate, a fost tratată mai detailat într'un articol publicat în revista „Eectricitatea" [2]).

In cadrul prezentului articol, se vor menționa numai principiile care stau la baza acestor mijloace de compensare, pentru a se putea înțelege stadiul comparativ între diferitele mijloace de compensare a factorului de putere, problemă care va fi prezentată într'un număr viitor al acestei reviste.

Principiul îmbunătățirii factorului de putere al mașinilor asincrone prin montajul în cascadă cu mașini cu colector are la bază următoarea constatare esențială privind funcționarea mașinilor asincrone. Spre deosebire de transformatorii statici, la care puterea reactivă necesară pentru îmbunătățirea factorului de putere are aceeași valoare, indiferent că ea

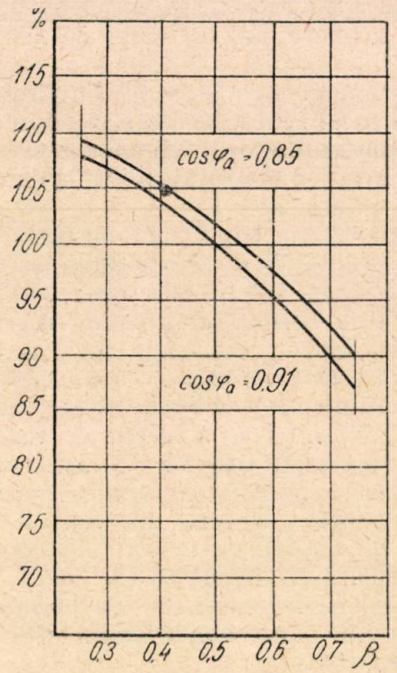


Fig. 3

[2]) *Ing. G. Petrescu*: „Imbunătățirea factorului de putere prin mașini cu colector", „Electricitatea", Nr. 6/1952.

este furnizată în circuitul primar sau în circuitul secundar, — în cazul mașinilor asincrone, — puterea reactivă necesară funcționării mașinii are o valoare complect diferită, după cum este furnizată, circuitului primar statoric de frecvență industrială, sau circuitului secundar rotoric de frecvența alunecării.

Intr'adevăr, în cazul când puterea reactivă este furnizată circuitului rotoric, valoarea ei este redusă în mod proporțional cu valoarea frecvenței din acest circuit, și în consecință în mod proporțional cu alunecarea.

Explicația fizică a variației puterii reactive a mașinilor asincrone prin alimentarea la frecvență redusă rezultă din următoarele considerațiuni :

Funcționarea transformatorilor statici sau a mașinilor electrice rotative are la bază existența în circuitul magnetic a unui flux magnetic, a cărui variație produce forțele electromotoare.

Magnetizarea circuitului magnetic poate fi realizată fie prin curent continuu, cum este cazul mașinilor de curent continuu sau al mașinilor sincrone, fie prin curent alternativ, cum este cazul transformatorilor statici, al mașinilor asincrone și al mașinilor cu colector de curent alternativ.

Pentru o anumită valoare i a curentului de magnetizare, în câmpul magnetic se acumulează o energie dată de expresia

$$W = \frac{1}{2} L i^2$$

în care L reprezintă inductanța proprie a circuitului electric pentru magnetizare.

Dacă curentul i este un curent alternativ de forma

$$i = \sqrt{2}\, I \sin \omega t,$$

în momentul în care el trece prin zero, energia acumulată în circuitul magnetic se anulează, fiind restituită generatorului din centrală sau eventual unui condensator, care s'ar găsi în circuit.

Deplasarea acestei energii între câmpul magnetic al mașinii receptoare și generator, adică variația energiei câmpului magnetic, reprezintă puterea reactivă dată de expresia

$$Q = L \omega I^2 = 2 \pi f W_m$$

în care W_m reprezintă valoarea maximă a energiei acumulată în câmpul magnetic.

Din această relație, rezultă că, pentru o anumită energie maximă a circuitului magnetic, adică pentru anumite condiții de magnetizare, puterea reactivă necesară pentru producerea acestei magnetizări variază proporțional cu valoarea frecvenței cu care această energie oscilează în circuit.

In cazul când puterea reactivă Q_μ necesară magnetizării este furnizată de circuitul primar, se poate scrie :

$$Q_\mu = \omega W_m = 2 \pi f_1 W_m.$$

In cazul când puterea reactivă necesară magnetizării este furnizată prin circuitul secundar (rotoric) frecvența curentului f_2, fiind proporțională cu alunecarea s, conform relației

$$f_2 = s \cdot f_1$$

puterea reactivă este și ea redusă proporțional cu alunecarea, adică $Q_2 = \omega_2 \cdot W_m = 2 \pi f_2 W_m = s Q_\mu$.

Cum valoarea alunecării reprezintă în general un procent de 1...3% din valoarea frecvenței normale, rezultă că și puterea reactivă furnizată în circuitul secundar, va fi redusă la același procent din valoarea puterii reactive, care ar fi fost necesară în cazul când ar fi fost furnizată în circuitul primar, la frecvența rețelei.

In cazul când mașina asincronă este alimentată cu o putere reactivă mai mare decât ar fi necesară pentru magnetizarea circuitului magnetic, atunci ea poate produce o putere reactivă Q_1, în circuitul primar, conform relației

$$Q_2 = s \ (Q_\mu + Q_1).$$

In acest caz, mașina asincronă poate funcționa pentru îmbunătățirea factorului de putere din rețea ca un compensator de fază. Mașinile sincrone excitate de curent continuu reprezintă un caz limită al mașinilor asincrone excitate în circuitul secundar, la care — anulându-se frecvența curentului în circuit secundar — se anulează totodată și puterea reactivă furnizată acestui circuit. Pentru a se produce însă la frecvența de alunecare puterea reactivă necesară funcționării mașinilor asincrone, nu este avantajos de a se utiliza mijloacele cunoscute de producerea puterii reactive, adică mașini sincrone supraexcitate sau condensatori statici.

Intr'adevăr, viteza mașinilor sincrone producând puterea reactivă scade proporțional cu frecvența și deci cu alunecarea mașinii asincrone, astfel încât pentru o anumită putere, valoarea cuplului de care depinde dimensionarea mașinii este invers proporțională cu viteza. In consecință, avantajul reducerii de putere reactivă obținut prin reducerea frecvenței cu alunecarea, este în întregime compensat prin creșterea cuplului datorită reducerii vitezei de rotație a mașinii.

* * *

Folosirea condensatorilor statici în vederea producerii de putere reactivă în circuitul secundar al mașinilor asincrone la frecvența de alunecare nu este avantajoasă, deoarece capacitatea acestor condensatori este aceeași, ca și când ar fi montați în circuitul primar. Intr'adevăr, expresia puterii reactive produsă de condensatori fiind $Q = U^2 C \omega$, valoarea capacității este dată de relația $C = \frac{1}{U^2} \cdot \frac{Q}{2\pi f}$, adică este proporțională atât cu puterea reactivă cât și cu frecvența, astfel încât rămâne neschimbată atunci când prin variația frecvenței variază în mod corespunzător și puterea

reactivă. Dimpotrivă, alimentarea mașinilor asincrone cu putere reactivă la frecvența de alunecare, cu ajutorul unor mașini cu colector de curent alternativ polifazat, este avantajoasă, deoarece viteza acestor mașini de care depinde cuplul și deci dimensionarea lor este independentă de frecvența curenților produși.

Mașinile cu colector întrebuințate în mod normal pentru montajul în cascadă cu mașini asincrone, în vederea îmbunătățirii factorului de putere sunt de două tipuri : *a*) compensatori cu colectori denumiți și excitatrice trifazate ; *b*) convertizorul de frecvență.

Amândouă aceste tipuri de mașini fiind montate în serie cu circuitul rotoric al mașinilor asincrone, produc în acest circuit o forță electromotoare, care fiind decalată cu un unghiu apropiat de $\frac{\pi}{2}$ față de forța eletrcomotoare din rotorul mașinii asincrone, determină decalarea curentului rotoric înaintea forței electromotoare rotorice.Prin aceasta, se reduce decalajul curentului primar față de tensiunea aplicată la borne, îmbunătățindu-se factorul de putere sau se poate face să funcționeze cu un decalaj înainte, adică în regim capacitiv. Se menționează că din punct de vedere funcțional, aceste două tipuri de mașini reprezintă două soluții bazate pe principii complect diferite : compensatorul cu colector constitue în mod efectiv o mașină care produce ea singură puterea reactivă necesară pentru alimentarea circuitului secundar al mașinii asincrone, dimpotrivă, convertizorul de frecvență nu produce puterea reactivă, și o primește dela rețeaua de alimentare a motorului asincron, transformând-o dela frecvența rețelei la frecvența de alunecare, fără ca valoarea puterii reactive să fie influențată de această schimbare de frecvență. Motoarele asincrone compensate sunt motoare având în plus pe rotori un bobinaj auxiliar prevăzut cu colector și cu un sistem de perii trifazate, legate la rețea prin intermediul unui transformator în mod asemănător cu bobinajul rotoric al unui motor cu colector trifazat tip derivație. Pentru o anumită poziție a periilor pe colector, curentul care rezultă în bobinajul auxiliar din aplicarea tensiunii la periile colectorului, poate să creeze un câmp magnetic decalat cu $\frac{2}{\pi}$ înaintea câmpului produs de bobinajul principal rotoric. In acest fel, magnetizarea circuitului este realizată de câmpul produs de bobinajul auxiliar, descărcându-se statorul de producerea acestui câmp. Cum puterea reactivă furnizată rotorului prin intermediul colectorului pentru producerea câmpului magnetic, are o valoare redusă proporțională cu frecvența de alunecare, motorul poate să funcționeze cu un factor de putere apropiat de unitate sau poate să treacă în regim capacitiv.

★

ИСКУССТВЕННЫЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Резюме

Среди ряда статей о технико-экономических сторонах вопроса коэффициента мощности, настоящая статья представляет собой краткий обзор главнейших искусственных методов улучшения коэффициента мощности в электрических сетях. Вкратце излагаются условия использования перевозбужденных синхронных машин, анализируются условия производства и эксплуатации статических конденсаторов, описывается система синхронизации асинхронных двигателей, используя для возбуждения сухие выпрямители, описывается принцип каскадной схемы асинхронных двигателей с коллекторными машинами.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ

L. M. Piotrovschi: **Maşini electrice** (trad. din limba rusă) 788 pag. 65 lei

C. A. Crug: **Bazele electrotehnicii.** vol. II (trad. din limba rusă) . . . . . 508 „ 40 „

I. P. Jerebţov: **Radiotehnica pentru amatori** (trad. din limba rusă) . . . . . 462 „ 19,45 „

V. G. Borisov: **Tânărul radioamator** (trad. din limba rusă) . . . . . 344 „ 11,90 „

P. D. Sveţov: **Repararea, revizia şi exploatarea maşinilor şi turbinelor cu abur** (trad. din limba rusă) 220 „ 11,75 „

I. Simionescu şi B. Feldman: **Indrumător pentru instalatorii electricieni** . . . . . 168 „ 6,55 „

S. D. Clementiev: **Releul fotoelectric şi aplicaţiile lui** (trad. din limba rusă) . . . . . 116 „ 1,75 „

S. I. Belinschi: **Termoficarea şi centralele electrice de termoficare** (trad. din limba rusă) . . . . . 84 „ 1,30 „

N. A. Caraulov şi G. I. Rosievschi: **Cum este construită o centrală electrică rurală** (trad. din limba rusă) . . . . . 64 „ 1 „

S. A. Neiman: **Protecţia radiorecepţiei împotriva paraziţilor** (trad. din limba rusă) . . . . . 92 „ 1,60 „

G. A. Sniţerev: **Cele mai simple măsurări electrice** (trad. din limba rusă) . . . . . 96 „ 1,60 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

C. B. Mazel: **Redresori şi stabilizatori de tensiune** (trad. din limba rusă) . . . . . 120 „ 7,10 „

A. P. Zlatcovschi şi V. A. Şustov: **Posturi de transformare pe stâlpi** (trad. din limba rusă) . . . . 74 „ 4,75 „

E 2039

KAT

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEN - OBSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - OMEHA

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Műszaki Könyvtár
MADONA

862

8-9

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Sept.-Oct. 1953 ★ Nr. 8-9 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

	Pag.
Măreaţa sărbătoare a eliberării	1
ENERGETICA GENERALĂ	
I. Saphir, conf. ing.: Politica combustibilului	4
TERMOENERGETICA	
C. Miklosi, prof. dr. ing.: Comportarea metalelor în centrale electrice faţă de acţiunea apei şi aburului	12
ELECTROENERGETICA	
N. V. Boţan, prof. dr. ing., *A. I. Poeată, N. Poeată*, ing.: Sisteme de transport şi distribuţie de energie electrică în curent alternativ, cu utilizarea pământului drept conductor	23
E. Constantinescu, conf. ing.: Calculul mecanic al conductorilor din staţiile electrice exterioare luând în considerare efectul greutăţilor concentrate	33
D. Martac, ing., *C. Mihăileanu*, ing.: Consideraţii asupra regulatorilor de tensiune de tip reostatic, cu sectoare mobile	40
PBOBLEME TEHNICO-ECONOMICE	
C. Budeanu, prof. ing.: Consideraţiuni generale ştiinţifice asupra problemei factorului de putere în instalaţii electrice	54
S. Marcu, ing.: Conducerea de către dispatcher a unui sistem energetic	66
DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.	
S. Bainglass, conf. dr.: Epurarea gazelor de ardere cu ajutorul electrofiltrelor	70
DISCUŢII — RECENZII — NOTE	
BIBLIOGRAFIE	80

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Передовая статья	1
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА	
И. Сапхир: Политика топлива	4
ТЕРМОЭНЕРГЕТИКА	
К. Миклоши: Поведение металлов на электростанциях при действии воды и пара	12
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	
Н. В. Боцан, А. И. Поятэ, Н. Поятэ: Системы передачи и распределения электроэнергии переменным током используя в качестве проводника землю	23
Э. Константинеску: Механический расчет проводов наружных электрических подстанций, принимая во внимание эффект сосредоточенных нагрузок	33
Д. Мартак, К. Михайляну: Соображения о регуляторах напряжения реостатного типа с подвижными секторами	40
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ	
К. Будяну: Общие научные соображения относительно коэффициента мощности в электроустановках	54
С. Марку: Диспетчерское управление энергетической системы	66
ИЗ ОПЫТА СССР	
С. Байнгласс, Очистка дымовых газов электрофильтрами	70
ДИСКУССИИ-РЕЦЕНЗИИ-ЗАМЕТКИ	
БИБЛИОГРАФИЯ	80

MĂREAȚA SĂRBĂTOARE A ELIBERĂRII

S'au împlinit nouă ani de când — ca o consecință a victoriilor istorice ale glorioasei Armate Sovietice asupra hoardelor fasciste — poporul nostru, în frunte cu forțele progresiste, conduse de Partidul Comunist, a reușit să răstoarne dictatura fascistă, să se elibereze pentru totdeauna de jugul imperialismului și să-și ia soarta în propriile sale mâini.

Înfăptuirea acestui act istoric a creat condițiile necesare ca, sub conducerea P. C. R., clasa muncitoare, în alianță cu țărănimea muncitoare, să poată doborî clasele exploatatoare, să ia puterea, să înfăptuiască mari transformări revoluționare social-economice, să creeze statul de democrație populară și să pășească la construirea socialismului.

Cu ajutorul multilateral al Uniunii Sovietice, s'au obținut în acești nouă ani mari succese în toate domeniile. În ultimii 5 ani, industria noastră socialistă și-a triplat producția. Un puternic avânt a luat industria grea temelia desvoltării întregii economii și ridicării nivelului de trai al populației; industria constructoare de mașini, creată în anii regimului democrat popular, produce numeroase mașini moderne necesare înzestrării tehnice a diferitelor ramuri industriale, tractoare și mașini necesare agriculturii. Se desvoltă necontenit industria bunurilor de larg consum; industria ușoară și industria alimentară produc cantități cu mult mai mari decât înainte de război.

Însemnate succese au fost obținute în transformarea socialistă a țării noastre. Republica Populară Română se transformă într'o țară industrială înaintată, cu o agricultură mecanizată.

Ținând pasul cu progresul permanent al economiei naționale, crește și se îmbunătățește neîncetat nivelul de viață și cultură al oamenilor muncii, se desvoltă o nouă cultură socialistă.

La a 9-a aniversare a eliberării patriei noastre, oamenii muncii din R.P.R. privesc cu o îndreptățită mândrie mărețele victorii obținute sub conducerea P.M.R. Ei privesc cu dragoste și încredere spre guvernul țării și spre Comitetul Central al Partidului.

Urmând în mod consecvent linia politică de construire a socialismului, a cărui lege supremă este asigurarea satisfacerii într'o măsură tot mai mare a nevoilor materiale și culturale ale oamenilor muncii, plenara lărgită a Comitetului Central al P.M.R. ținută în zilele de 19 și 20 August 1953 a ascultat și desbătut raportul Biroului Politic al C.C. prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, cu privire la sarcinile Partidului în domeniul desvoltării economiei naționale și ridicării continue a nivelului de trai material și cultural al oamerilor muncii, raport care a fost adoptat în unanimitate de plenară.

Este absolut sigur pentru toți oamenii muncii că măsurile economice propuse în raport vor fi aduse la îndeplinire, obiectivul acestor măsuri fiind o serioasă și continuă îmbunătățire a nivelului de trai material și cultural al oamenilor muncii dela orașe și sate prin ridicarea producției agricole, sporirea bunurilor de larg consum, desvoltarea construcției de locuințe și multe alte lucrări în domeniul social, sanitar și cultural.

Sărbătorind ziua de 23 August, poporul român își îndreaptă gândurile pline de dragoste către Marea Uniune Sovietică, eliberatoarea și sprijinitoarea țării noastre pe calea înfloririi economice și a bunei stări a celor ce muncesc.

Marile cuceriri dobândite sub conducerea Partidului în cei 9 ani dela eliberarea țării noastre, au făcut ca să putem păși în faza de desvoltare, când începe să se vadă roadele industrializării noastre, când se vede cum se transformă țara noastră dintr'o țară înapoiată, într'o țară cu o industrie desvoltată și o agricultură în continuă mecanizare.

Oamenii muncii au trecut în revistă cu mândrie patriotică îndreptățită realizările și drumul de luptă străbătut sub conducerea Partidului.

Pentru desvoltarea țării noastre, se vădește necontenit superioritatea regimului de democrație populară, în comparație cu haosul și decăderea economiei capitaliste, cu suferințele maselor din țările aflate sub jugul imperialist, cu procesul de fascizare a statelor occidentale.

Statul nostru de democrație populară, instrumentul principal de construire a socialismului, se întărește neîncetat. Construirea socialismului a ridicat în fața puterii populare din R.P.R. sarcini complexe, iar rezultatul de până în prezent al rodnicei activități economice și organizatorice este schimbarea radicală a greutății specifice a industriei în ansamblul economiei țării.

Creșterea rapidă a producției mijloacelor de producție și îndeosebi a industriei constructoare de mașini și utilaje, ca urmare a aplicării consecvente de către Partid și Guvern a învățăturii marxist-leniniste cu privire la industrializarea socialistă a țării — contribue temeinic la desvoltarea și perfecționarea neîntreruptă a întregii producții, inclusiv agricultura, a producției obiectelor de larg consum și a alimentelor, constituind astfel o puternică bază pentru creșterea bunei stări materiale și culturale a celor ce muncesc.

Industria noastră constructoare de mașini și utilaje, este astăzi capabilă să îndeplinească cu succes sarcina de a echipa în mare parte celelalte ramuri ale economiei naționale ca: agricultura, industria ușoară, industria alimentară, etc., cu mașini, utilaje și instalațiile necesare în vederea asigurării condițiilor materiale, pentru o continuă sporire a bunurilor necesare satisfacerii necesităților oamenilor muncii.

In agricultura noastră, au avut loc în ultimii ani schimbări importante. Baza tehnică a agriculturii crește an cu an. Punând la dispoziția gospodăriilor colective tractoare și mașini, asigurându-le creditele pentru desvoltarea economiei obștești, acordându-le ajutoare agrotehnice, statul de democrație populară creează condiții optime pentru desvoltarea economică și întărirea organizatorică a gospodăriilor agricole colective.

Succesele gospodăriei colective din ultimii ani, și îndeosebi frumoasele recolte realizate în acest an, exercită o atracție tot mai mare asupra maselor de țărani muncitori. Numărul crescând al gospodăriilor colective și al întovărășirilor este o consecință directă a acestor fapte.

Pentru a putea îndeplini cu succes sarcinile construirii socialismului, este necesară permanenta întărire a statului de democrație populară a organelor sale și a aparatului său.

Grija pentru întărirea continuă a statului democrat popular formează una din preocupările centrale ale Partidului și Guvernului R.P.R.

Poporul român consideră ca o datorie sfântă a sa să întărească și să perfecționeze neîncetat capacitatea de apărare a patriei. El înconjoară cu dragoste Forțele Armate ale R.P.R., straje de nădejde a păcii, apărătoare a independenței și suveranității patriei noastre.

A 9-a aniversare a zilei de 23 August a fost sărbătorită în condițiile unor serioase succese ale lagărului păcii și democrației în frunte cu Uniunea Sovietică, în lupta pentru destinderea încordării internaționale, pentru pace, pentru preîntâmpinarea unui nou război.

Marea victorie a lagărului păcii și anume încheierea armistițiului în Coreea, a provocat o imensă satisfacție dela un capăt la celălalt al lumii.

„Acordul de armistițiu din Coreea — se spune în telegrama tovarășului G. M. Malencov — este totodată o mare victorie a întregului lagăr al păcii și democrației".

Oamenii muncii din R.P.R. au salutat cu mare bucurie încheierea armistițiului ca o mare victorie a țării soră Republica Populară Democrată Coreeană și a voluntarilor chinezi, ca pe un succes dintre cele mai mari ale lagărului democrat.

Războiul inuman din Coreea a fost expresia celei mai directe și mai brutale politici de forță preconizată de cercurile agresive din S.U.A. Faptele au dovedit însă că o asemenea politică nu poate reuși față de poporul unei țări din lagărul democrației, care își apără libertatea sa și independența Patriei. Superioritatea incontestabilă a orânduirii democrat populare, unitatea de nezdruncinat a frontului și a spatelui frontului, au creat condițiile necesare pentru ca poporul coreean, strâns unit în jurul Partidului Muncii și al Guvernului său, să biruie toate greutățile acestui crud război.

Deși în Coreea au fost trimise cele mai bune trupe și cele mai perfecționate tipuri de avioane și vase de război americane, ele nu au putut frânge rezistența poporului coreean.

Ca și în toate împrejurările unde este vorba de apărarea păcii, și în lupta pentru rezolvarea pașnică a problemei coreene, factorul cel mai activ pe arena internațională a fost Uniunea Sovietică, din inițiativa căreia au început tratativele de armistițiu.

Sărbătoarea de 23 August s'a desfășurat sub semnul triumfului spiritului păcii, care a determinat semnarea armistițiului și care aprinde flacăra unor noi speranțe în lume.

Cu energie sporită vor porni popoarele la luptă pentru triumful spiritului tratativelor asupra politicii de forță.

Această mare victorie a frontului păcii nu trebue să dea însă naștere unei primejdioase autolinișteri. Este nevoie de noi eforturi ale popoarelor pentru păstrarea, consolidarea și fructificarea acestor serioase succese pentru a obține destinderea internațională și a menține pacea în lume.

In preajma marei noastre sărbători a eliberării, au avut loc două mari evenimente în viața politică internațională; cea de-a 50-a aniversare a gloriosului Partid al Uniunii Sovietice și discursul rostit de tovarășul G. M. Malencov la cea de-a 5-a sesiune a Sovietului Suprem al U.R.S.S.

Partidul Comunist al Uniunii Sovietice, oțelit de Lenin, a condus popoarele Rusiei la victoria Marei Revoluții Socialiste din 1917 și a organizat dictatura proletariatului, la baza căreia stă alianța clasei muncitoare cu țărănimea muncitoare.

Călit în luptă grea, sub conducerea genialului Lenin, a marelui Stalin, discipolul și continuatorul operei lui Lenin, a tovarășilor lor de luptă, Partidul Comunist al Uniunii Sovietice este forța conducătoare, îndrumătoare și călăuzitoare a poporului sovietic.

Partidul Comunist consideră că politica de pace este singura politică care corespunde intereselor vitale ale poporului sovietic și ale tuturor celorlalte popoare iubitoare de pace.

Convocarea celei de-a cincea sesiuni a Sovietului Suprem al U.R.S.S. a constituit un eveniment important, atât pentru poporul sovietic, cât și pentru toate popoarele iubitoare de pace din lumea întreagă, deoarece problemele abordate

și hotărîrile luate sunt de o deosebită însemnătate internațională. Cu această ocazie, șeful Guvernului Sovietic a ținut o cuvântare deosebit de importantă, în care a făcut o amplă și profundă analiză a situației interne a U.R.S.S. și a situației internaționale.

Relevând marea putere socialistă plină de forțe creatoare, tovarășul G. M. Malencov a citat o serie de cifre impresionante, care constitue cu adevărat o realizare fără precedent în istoria desvoltării economice a U.R.S.S.

Datorită politicii juste de industrializare socialistă a țării urmată cu fermitate și fără abatere de P.C.U.S., poporul sovietic a făcut să crească în 27 ani producția industrială de 29 ori făurindu-și o industrie grea puternică, desăvârșită din punct de vedere tehnic.

Deasemenea, în cuvântarea ținută tovarășul Malencov a făcut o analiză succintă a politicii externe a U.R.S.S.

Trecând în revistă relațiile U.R.S.S. cu țările vecine și apoi cu celelalte țări, a reafirmat politica de pace, bună vecinătate, respectul suveranității și pașnica coexistență a diferitelor sisteme politico-sociale, politică pe care Marea Țară a Sovietelor o va urma și de aci înainte.

Un nou avertisment a fost dat imperialiștilor americani, care se legănau cu iluzia că sunt monopoliștii bombei cu hidrogen.

In ceeace o privește, a arătat șeful Guvernului Sovietic, Uniunea Sovietică va continua să ducă cu perseverență și fermitate politica de menținere a păcii, Guvernul Sovietic rămânând pe poziția că în prezent nu există problemă litigioasă care să nu poată fi rezolvată pe cale pașnică între țările interesate.

Marile victorii obținute de poporul nostru în cei 9 ani dela eliberare au fost cu putință datorită faptului că în fruntea sa se află Partidul Muncitoresc Român, care și-a desfășurat activitatea încă dela începutul existenței lui sub steagul glorios al marxism-leninismului, s'a străduit și se străduește să introducă în viața și munca sa invincibilele principii ideologice și organizatorice ale marxism-leninismului, urmând necontenit înaltul exemplu al P.C.U.S.

Toate victoriile Partidului clasei muncitoare din țara noastră și ale poporului nostru în lupta pentru doborîrea clasei exploatatoare dela putere și pentru instaurarea și consolidarea regimului democrat popular, construirea socialismului și ridicarea nivelului de trai al oamenilor muncii, lupta pentru pace, se datoresc aplicării consecvente și creatoare a experienței P.C.U.S.

Toate realizările pe care poporul nostru muncitor le-a sărbătorit la 23 August, precum și toate victoriile ce vor urma sunt expresia indestructibilei unități ce există între Partid, Guvern și Popor, sprijinului necondiționat pe care oamenii muncii îl acordă politicii Partidului de construire a socialismului.

Cu încredere nețărmurită în viitor, păsind cu hotărîre sub conducerea înțeleaptă a Partidului pe drumul deschis de 23 August, să luptăm cu și mai mult avânt pentru făurirea bunei stări și fericirii celor ce muncesc, pe calea însorită a socialismului și a păcii.

POLITICA COMBUSTIBILULUI

Conf. ing. I. SAPHIER

După ce se arată ce se înțelege prin politica combustibilului și care sunt factorii care o determină, se trece la o scurtă expunere comparativă a politicii combustibilului din țările capitaliste și U.R.R.S.; se analizează apoi succint situația în R.P.R. Se arată rolul balanței de perspectivă a combustibilului la elaborarea politicii combustibilului.

Politica combustibilului este un capitol din politica energetică. Politica energetică trasează liniile mari directoare cu privire la folosirea surselor naturale de energie și a folosirii energiei la diverși consumatori, stabilind corelațiile ce trebuesc să existe între consumurile diverselor feluri de energie primară, ținând seama de structura resurselor energetice a țării, de repartiția teritorială a acestora, de structura consumului diferitelor forme de energie, de repartiția acestora pe ramuri și pe utilizări finale, de legăturile reciproce ce există între toate acestea, de factorii economici, sociali și politici în condițiile perioadei respective, etc. In felul acesta politica energetică indică ponderile către care trebue să se tindă, ponderi referitoare la producție și consum pe surse, forme de energie, ramuri economice, utilizări finale, teritorii, etc. Deasemenea politica energetică trebue să indice și căile pe care se va ajunge la rezultatele cerute.

In cadrul rezervelor de energie primară (combustibili, apă, vânt, etc.) combustibilii au ponderea ce mai mare, peste 85%. Pentru ilnstrare se arată comparativ rezervele mondiale și ale U.R.S.S. de energie primară (1948):

Tabela 1

Energie primară	Rezerve mondiale		Rezerve U.R.S.S.		
	în 10^6t combustibil convențional	% din total	în 10^6t combustibil convențional	% din total	% din rezerve mondiale
Cărbuni . .	6800	75,52	1400	77,20	20,6
Petrol . . .	11,1	0,13	6,1	0,34	55,0
Turbă . . .	265	3,93	208	11,47	78,2
Lemn. . . .	397	4,52	71	3,98	17,95
Șisturi . . .	175	1,99	20	1,10	11,4
Paie	37	0,42	6,7	0,37	18,1
Apă	374	4,19	31,1	1,72	8,3
Vânt	826	9,30	69	3,82	8,3
Total . . .	8885,1	100,00	181,9	100,00	20,4

Dacă se trece acum și se consideră consumul de energie după sursele primare, se obține următorul tablou (consum mondial 1949).

Tabela 2

			Rezerve/consum
Cărbuni	1426,8 10^6t comb. conv.	67,0 %	4765 t/t
Petrol .	442,8 10^6t comb. conv.	20,8 %	21,1 t/t
Turbă .	12,3 10^6t comb. conv.	0,6 %	21545 t/t
Lemn .	221,4 10^6t comb. conv.	10,4 %	1793 t/t
Apă . .	24,6 10^6t comb. conv.	1,2 %	—
Total .	2127,9 L_2^2t comb. conv.	100 %	—

Din cele de mai sus rezultă clar importanța mare pe care o are politica combustibilului în cadrul politicei energetice. Deasemenea în cadrul consumului de combustibil, cărbunele ocupă locul de frunte, de unde importanța mare a acestei surse primare de energie.

Desvoltarea vertiginoasă a economiei țărilor din lagărul socialist aduce cu sine și creșterea vertiginoasă a cerințelor de energie în special de combustibil și în cadrul acestora, în primul rând a cărbunilor. Pentru țara noastră acest lucru rezultă în mod evident din expunerea făcută de tov. Gh. Gheorghiu Dej la consfătuirea pe țară a muncitorilor mineri din industria carboniferă, unde s'a arătat că producția noastră de cărbune trebue să ajungă la 20...25 milioane tone pe an.

Sarcina care ne stă în față nu este însă numai de a extrage cât mai mult combustibil, ci și de a-l folosi în modul cel mai rațional. Cât să se consume din fiecare fel de combustlbil, cum să fie utilizați aceștia, în care utilizări finale să se obțină ponderea cea mai mare pentru fiecare fel de combustibil, toate acestea și din punct de vedere geografic, precum și căile pe care se poate ajunge la aceste rezultate, sunt întrebări la care răspunde politica combustibilului.

In cele ce urmează se va căuta să se arate pe scurt politica combustibilului din U.R.S.S., din diferite alte țări și situația din țara noastră precum și unele metode care conduc la stabilirea unei politici a combustibilului.

* * *

Plecând dela rezervele geologice de combustibil se constată pe de o parte neuniformitatea repartiției lor teritoriale iar pe de altă parte ponderea mare ce o au cărbunii. Prima constatare trebue să ducă la o desvoltare corespunzătoare a industriei pe un anumit teritoriu.

A doua constatare trebue să ducă la utilizarea în mai mare măsură a cărbunilor.

Considerând acum combustibilii între ei, aceștia se împart în două mari categorii: combustibili superiori și combustibili inferiori. Prin combustibili inferiori se înțeleg acei combustibili care nu pot fi utilizați în alte scopuri decât pentru a fi arși, proprietatea de a arde fiind singura lor calitate. Orice combustibil care pe lângă faptul că arde mai satisface și alte condiții de calitate (conținut mic de cenușe, putere calorifică mare, umiditate redusă, conținut mic de sulf, posibilități de chimizare, proprietăți mecanice speciale, punct de topire ridicat al sgurei, etc.) se înscrie în categoria combustibililor superiori.

Progresul tehnic în continuă desvoltare aduce cu sine două consecințe importante în ceeace privește combustibilul :

1. Un număr tot mai mare de combustibili sau derivatele lor (gudroane, gaze de rafinerie, etc.) pe măsură ce se desvoltă progresul chimiei devin în același timp și materie primă pentru industria chimică.

2. Din punct de vedere economic un număr tot mai mare de combustibili cu caracteristici inferioare se pot inobila.

Ca urmare a primei consecințe, noțiunea de combustibil inferior se îngustează pe măsură ce înaintează timpul, iar pe de altă parte o parte din ce în ce mai mare din combustibili nu mai sunt disponibili pentru ardere ci devin materie primă pentru industria chimică.

Ca urmare a celei de a doua consecințe, un număr tot mai mare de combustibili inferiori devin „materia primă" pentru combustibili superiori.

Toate acestea trebue să ducă la o cruțare a combustibililor superiori și — acolo unde este posibil — la utilizarea din ce în ce mai mare a combustibililor inferiori. Aceasta cu atât mai mult, dacă se ține seama că combustibili se situează în categoria resurselor energetice epuizabile.

Se ajunge astfel la necesitatea considerării utilizărilor finale ale combustibilului. Prin utilizare finală a combustibilului se înțelege utilizarea la care acesta este fie ars, fie chimizat, rezultând un produs final care nu mai este combustibil. Utilizările finale ale combustibilului pot avea loc la cazane, motoare cu ardere internă, cuptoare și instalații tehnologice, instalații gospodărești și în sfârșit la chimizare.

Dintre aceste utilizări finale numai consumul la cazane nu pune, în general, condiții de calitate pentru combustibil. Tehnica actuală permite construirea de cazane la care să se poată arde orice fel de combustibil, cu singura condiție ca acesta să mai ardă. Toate celelalte utilizări finale pun condiții mai mult sau mai puțin severe combustibilului, cer un combustibil superior, acesta putând fi fie în forma lui naturală, fie după o prealabilă prelucrare mecanică sau termică.

Considerând necesitatea de a crește ponderea utilizării combustibilului inferior, se ajunge la concluzia că, pe de o parte, va trebui restrâns în măsură maximă consumul de combustibil superior la cazane — singurul domeniu unde combustibilul inferior poate fi utilizat fără niciun inconvenient tehnic — iar pe de altă parte, va fi necesar o înobilare a combustibilului inferior, în vederea obținerii de combustibil superior și evitarea transporturilor la distanță a combustibilulni inferior.

Trecându-se acum la randamentul cu care este utilizat combustibilul (nu la chimizare) se constată că acesta este foarte scăzut, situându-se în jurul a 20...30%. Randamentele cele mai scăzute le prezintă în special cuptoarele industriale, iar randamentele cele mai înalte se întâlnesc la instalațiile energetice. Pentru ridicarea randamentului energetic al utilizării combustibilului, se ajunge la necesitatea utilizării lui complexe, ceeace se realizează prin introducerea utilizării resurselor energetice secundare, a termoficării și a folosirii complexe energo-chimice a combustibilului.

Din cele de mai sus, rezultă în primă analiză o serie de linii pentru o politică a combustibilului stabilită pe considerente tehnice din punctul de vedere al combustibilului. Deoarece considerentele tehnice, în general — și cu atât mai mult dintr'un punct particular — nu pot fi considerate în niciun caz ca unicul criteriu pentru stabilirea unei politici a combustibilului, pe lângă aceste considerente mai trebuesc avute în vedere și considerentele de ordin economic, social și politic. Numai astfel se poate elabora o politică a combustibilului reală și eficace.

Considerarea tuturor factorilor amintiți mai sus duce la concluzia că liniile trasate mai înainte nu pot deveni dogme, ci se va ajunge la abateri într'un sens sau altul, abateri cauzate de ceilalți factori, alții decât factorul tehnic privit numai din punctul de vedere al combustibilului.

Rezultă în concluzie că stabilirea politicii combustibilului nu se poate face decât pe baza unei analize adânci și complexe, la care să se țină seama de toți factorii mai sus amintiți. In special trebue arătat că nu trebue să se uite niciun moment că politica combustibilului face parte din politica energetică și deci în afară de factorii de mai sus, trebue neapărat avute în vedere și legăturile reciproce din cadrul energeticei generale. Numai în felul acesta, politica combustibilului va putea fi elaborată pe o bază cât mai reală.

* * *

Analiza dinamicei producției și consumului de combustibil în țările capitaliste arată în mod clar reproducerea contradicțiilor dintre nivelul progresului tehnic și tendințele acestui progres de o parte și sistemul capitalist de producție pe de altă parte. In timpul crizei din 1929—1933, „ideologii" energeticei capitaliste au considerat că principala cauză a crizei de supraproducție în sectorul combustibililor ar fi desvoltarea prea rapidă a progresului tehnic. Astfel, profesorul Watson din Anglia arată că dacă în 1921, dintr'o tonă de cărbune, se realiza în medie 600 kWh, în 1929 se realiza 1155 kWh, aceasta provocând reducerea consumului și a livrărilor de cărbune din Anglia cu cca. 10 milioane tone anual.

Este clar că în condițiile economiei capitaliste nu poate fi vorba de o politică conștientă a combustibilului. Politica combustibilului în aceste țări apare doar ca un rezultat al jocului diferitelor interese fracționate și de cele mai multe ori contrarii ale marilor trusturi și monopoluri. Capitalismul nu este capabil să-și gospodărească resursele sale energetice. In goana sa după profitul maximal, capitalismul refuză

să facă uz de cuceririle tehnicei şi utilizează în măsură din ce în ce mai mare combustibilii superiori. Iată cum arată dinamica consumului de combustibil lichid şi gazos în centralele electrice din S.U.A.

1940	12% din totalul consumat
1947	23% din totalul consumat
1950	32% din totalul consumat

In acest interval creşterea consumului de păcură la centralele electrice a fost de 4,8 ori şi a consumului de gaze naturale de 3,5 ori. In acelaşi timp, ponderea energiei electrice produse prin arderea cărbunilor a scăzut cu 16%. Nivelul extracţiei de cărbune era în 1947 acelaş ca în 1918, pe când extracţia de ţiţei a crescut în acest interval de 5 ori şi a gazului de 7 ori.

Aceste cifre oglindesc pe deplin caracterul politicii combustibilului în S.U.A. cu toate că aceste exemple sunt luate din domeniul centralelor electrice, care se caracterizează printr'un consum masiv la cazane şi care, după cum s'a arătat, nu pune în general nicio condiţie de calitate combustibilului.

Ritmul în care creşte consumul de combustibil superior în ţările capitaliste face ca resursele de combustibil să se epuizeze rapid şi ca rezultat apare problema acaparării de noi resurse de către capitalismul monopolist. Această problemă constitue unul din cele mai importante momente în lupta forţelor imperialiste pe arena economiei şi politicii mondiale. Lupta imperialistă pentru zăcămintele de cărbune şi în special pentru zăcămintele de petrol trece ca un fir roşu dealungul întregii istorii a capitalismului monopolist, începând încă dinaintea primului război mondial şi dăinuind şi azi într'o măsură din ce în ce mai mare.

Faptul că tehnica a izbutit să rezolve arderea combustibililor inferiori şi a deşeurilor combustibile, este considerat de către orice tehnician adevărat, de ori unde ar fi el, ca unul din progresele însemnate ale tehnicei. Totuşi este caracteristică reacţia crescândă în ţările capitaliste împotriva utilizării combustibilului inferior şi a deşeurilor combustibile. Utilizarea acestora în capitalism nu se face de bună voie ci apare numai în urma suprasolicitării bilanţului energetic, aşa cum este cazul în ţările din apusul Europei, în urma războaielor imperialiste. Intrebuinţarea combustibilului inferior şi a deşeurilor este văzută aci ca ceva impus de o situaţie anormală, care se speră a fi trecătoare şi în niciun caz nu este considerată ca o treaptă superioară a energeticei. Pentru a ilustra felul cum este privită în capitalism această problemă, se poate arăta că, în 1931, profesorul Tesard din Londra scria referitor la electrificarea pe bază de deşeuri combustibile : „industria carboniferă nu ar câştiga nimic din aceasta, deoarece utilizarea deşeurilor care nu pot fi vândute ar reduce cererea de cărbune vandabil".

Cea mai importantă problemă a tehnicei moderne, problema folosirii complexe a combustibilului pe o bază tehnică înaintată, nu poate fi practic rezolvată în economia capitalistă. Fără a mai vorbi de folosirea energo-chimică a combustibilului — cea mai înaltă formă azi a utilizării complexe a acestuia — chiar termoficarea se află într'un stadiu extrem de redus, cu toate că avantajele ei sunt de mult recunoscute de tehnicienii din ţările capitaliste. Astfel, la al doilea congres mondial al energeticei, Profesorul Marger (Germania) vorbind despre avantajele enorme ale termoficării pentru economia naţională, constată că, în Germania, introducerea termoficării se loveşte de fărămiţarea instalaţiilor termice de forţă între diverşi proprietari particulari. In calculele sale el a arătat că miliarde de kWh se pierd fără niciun folos în urma utilizării incomplete a aburului în instalaţii. Numai fabricele de brichete de cărbune brun ar fi putut să dea în plus 5 miliarde kWh pe an dacă s'ar adopta principiul termoficării.

In ajunul celui de al doilea război mondial (1938—39) în S.U.A. nu funcţionau decât 26 de centrale de termoficare urbană. Partea acestor centrale în bilanţul total al centralelor termice publice nu constituia decât 0,6% în ceeace priveşte puterea şi 0,015% în ceeace priveşte energia livrată.

Pentru a ilustra atitudinea „ideologilor" burghezi faţă de progresul tehnic, este suficient să se arate părerea lui Steward Chase, care în cărţile sale destul de recent apărute „Forţa implacabilă a maşinei", „Răzbunarea progresului", etc. îndeamnă să se birue aşa zisa răzbunare a progresului asupra profitului prin încetinirea artificială a ritmului perfecţionărilor tehnice, prin frânarea desvoltării tehnicei. El propune textual : „să se încuie progresul tehnic într'un sertar şi să fie scos picătură cu picătură. Să se considere toţi inventatorii drept nebuni periculoşi care necesită cea mai severă supraveghere".

După cum s'a mai arătat, fără a putea vorbi de o politică a combustibilului, trasată şi tradusă în practică în mod conştient, se poate totuşi desprinde din practica energeticei capitaliste, liniile politicei combustibilului, linii care se disting în urma desvoltării tipic spontane a energeticei capitaliste. Această politică a combustibilului se caracterizează printr'o folosire tot mai sălbatecă a resurselor şi utilizarea neraţională a combustibililor, ca urmare a goanei după profitul maximal. Deasemenea se constată un contrast din ce în ce mai mare între nivelul progresului tehnic, în materie de folosire a combustibilului, pe de o parte şi caracterul energeticei capitaliste pe de altă parte.

* * *

Trecând acum la politica combustibilului în Uniunea Sovietică, se constată că aci politica energetică este trasată şi realizată în mod conştient în cadrul economiei planificate. Pe de altă parte, problema însăşi se pune pe o treaptă

principial diferită și care din punct de vedere calitativ este incomparabil mai ridicată. Această deosebire decurge în ultimă analiză din contrastul dintre scopul producției în capitalism și în socialism. Dacă în țările capitaliste, politica combustibilului este dictată de obținerea profitului capitalist maximal, politica combustibilului în Uniunea Sovietică este dictată de rentabilitatea socialistă care se stabilește în interesul întregei economii naționale și pe o perioadă mai lungă, în lumina satisfacerii cerințelor legii economice fundamentale a socialismului.

Politica combustibilului în Uniunea Sovietică merge pe calea utilizării complexe a combustibilului, obținându-se astfel eficacitatea maximă pentru economia națională; merge pe calea utilizării pe scară largă a celor mai înaintate realizări ale tehnicei; merge pe calea utilizării pentru nevoi energetice în special a deșeurilor combustibile și a combustibililor inferiori și locali; merge pe calea recuperării la maximum a pierderilor de căldură din industrie; merge pe calea satisfacerii nevoilor de căldură a populației prin asigurarea maximului de confort. Acestea sunt pe scurt liniile mari ale politicii combustibilului în Uniunea Sovietică.

Repartiția teritorială a resurselor de combustibil în U.R.S.S. este neuniformă. Partea europeană care deține numai 11,8% din totalul rezervelor de combustibil din U.R.S.S., este azi totuși teritoriul cu desimea cea mai mare a industriei. Din acest motiv exploatarea zăcămintelor de combustibil este aci mult mai intensă. Acest lucru rezultă dacă se consideră indicii de înzestrare cu combustibil și anume:

1. Raportul dintre rezervele de combustibil și consumul de combustibil. Acest raport indică pentru fiecare tonă de combustibil convențional consumat câte tone de combustibil se mai găsesc în rezerve.

2. Raportul dintre rezervă și locuitorii dela orașe.

Acești indici au următoarele valori pentru 1950:

Media pe U.R.S.S. .	2830 t/t	14,3	$\frac{10^3 t}{loc}$
Partea europeană . .	450 t/t	2,1	„
Centrul părții europene cu industrie veche	137 t/t	0,43	„
Partea asiatică . . .	9200 t/t	125,0	„
Noile raioane industriale din partea asiatică	20000 t/t	128,0	„

Ca urmare a acestei situații, politica combustibilului cere desvoltarea ramurilor industriale mari consumatoare de combustibil, în special în părțile cu rezervele cele mai mari față de extracția actuală. Din cifrele de mai sus, se vede clar că noile raioane industriale din partea asiatică sunt situate tocmai în zonele bogate în combustibil.

Politica de amplasare a noilor industrii și de extindere a celor existente, în concordanță cu repartiția teritorială a rezervelor de combustibil și a gradului lor de solicitare la un moment dat, se realizează odată cu planurile cincinale. In directivele pentru cel de al cincilea plan cincinal acest lucru apare evident, dacă se consideră numai sarcinile pentru siderurgie, unul din marii consumatori de combustibil. Astfel se prevede ca să se desvolte continuu siderurgia din Sud, Ural, Siberia, regiunile centrale și din Nord-Vest precum și industria metalurgică din Transcaucazia.

Aci se vede influența politicii combustibilului asupra desvoltării geografiei economice a teritoriului. In general se observă linia de a nu amplasa industrii mari, consumatoare de căldură, în zone lipsite de combustibil sau deficitare din punctul de vedere al rezervelor privite prin prisma consumului actual. Bine înțeles, unele abateri justificate apar ici și colo, abateri cauzate de influența altor factori decât cei relativi la combustibil. Aceste abateri nu pot însă influența cele afirmate mai sus.

In ceeace privește combustibilul inferior, în U.R.S.S. aceasta este valorificat la maximum. Centralele termoelectrice ce se vor construi în al cincilea cincinal vor funcționa pe bază de combustibil local. Extracția turbei va crește cu 27% și a șisturilor de 2,3 ori. Tehnica înaintată sovietică a rezolvat pentru prima dată în lume o serie întreagă de probleme referitoare la arderea conbustibililor inferiori. Azi în U.R.S.S. nici conținutul mare de cenușe, nici umiditatea ridicată, nici punctul scăzut de topire al sgurei nu mai constitue piedici pentru utilizarea combustibililor, care în alte timpuri nu puteau fi folosiți. In felul acesta combustibilul superior este rezervat utilizăriior speciale, în deosebi în procesele tehnologice care pun combustibililor anumite condiții de calitate.

Dar mai mult chiar, combustibilul inferior este folosit ca materie primă pentru a produce un combustibil superior. Inobilarea cărbunilor va spori în al cincilea cincinal de cca 2,7 ori, iar gazeificarea ia un avânt din ce în ce mai mare. Combustibilului lichid pentru motoare îi iau tot mai mult locul gazele. Producția de autovehicule cu generator de gaz este în continuă creștere.

Prin electrificarea căilor ferate — U.R.S.S. are cea mai lungă rețea de căi ferate electrificate din lume — s'a putut trece dela consumul de combustibil pentru locomotive, combustibil cu anumite condiții de calitate, la consumul de combustibil inferior în centralele electrice. Prin larga desvoltare a termoficării urbane s'a putut trece dela consumul de combustibil domestic la consumul de combustibil inferior în centralele de termoficare.

In legătură cu consumul domestic de combustibil, în U.R.S.S. se merge pe linia de a se da gaze pentru nevoile populației la prepararea hranei. Gazele sunt utilizate pentru nevoile populației, drept combustibil pentru motoare și la chimizare. Folosirea gazelor la cazane este restrânsă din ce în ce.

Se desvoltă producția de combustibil lichid și sintetic. O parte din ce în ce mai mare din combustibilul extras este destinată chimizării. Se ajunge astfel la realizarea de vârf a tehnicei sovietice în ceeace privește utilizarea combustibilului, la folosirea complexă energo-chimică a acestuia.

Tendințele tehnicei din U.R.S.S. indică ridicarea utilizării combustibilului pe o treaptă nouă. Odată cu progresul chimiei și necesitatea satisfacerii acestei ramuri cu tot mai mult combustibil ca materie primă, se caută tot mai mult a îmbina între ele industria chimică și industria energiei electrice, creându-se așa numitele combinate energo-chimice. In aceste combinate, combustibilul este folosit atât ca materie primă chimică cât și drept eombustibil energetic, prin tratarea lui prealabilă în scopul de a separa din combustibil acele produse care de fapt interesează industria chimică, iar restul, — ce nu mai poate fi chimizat însă mai are proprietatea de a arde, — este folosit în scopuri energetice.

Inainte de a încheia această succintă trecere în revistă a realizărilor din U.R.S.S. referitor la folosirea combustibilului, trebue să se mai arate și succesele tehnicienilor sovietici în privința recuperării pierderilor de căldură. Recuperarea pierderilor de căldură reprezintă o importantă rezervă internă a industriei în ceeace privește economia de combustibil. Se menționează în special siderurgia, industria materialelor de construcție, chimia, etc., industrii cu procese pirotehnologice prin excelență. Aplicarea termoficării și a recuperării pierderilor de căldură eliberează în U.R.S.S. câteva milioane de tone de combustibil convențional anual. Recuperarea pierderilor de căldură din industrie a luat aproape un caracter de mișcare de massă.

Politica combustibilului din U.R.S.S. poate fi caracterizată prin următoarele direcții principale :

1. Amplasarea de mari consumatori de combustibil în zonele cu mari rezerve de combustibil, în măsura în care aceasta este posibilă ținând seama și de ceilalți factori hotărîtori.

2. Folosirea pe scara cea mai largă a combustibilului inferior oriunde aceasta este posibil.

3. Restrângerea treptată a arderii combustibilului în forma lui naturală, prin înobilarea și prelucrarea combustibilului în scopul de a obține cât mai mult combustibil superior sau materii prime pentru chimizare, pe baza tehnicei cele mai înaintate.

4. Folosirea în măsură din ce în ce mai largă a deșeurilor combustibile din industrie și agricultură.

5. Reducerea continuă a consumurilor specifice de căldură prin introducerea tehnicei înaintate, în special prin aplicarea pe scară largă a recuperării de căldură și a termoficării.

* * *

Trecând acuma la țara noastră, trebue să se distingă două perioade calitativ diferite : perioada dominației regimurilor burghezo-moșierești și perioada dictaturii proletariatului, de construire a socialismului. Politica combustibilului care se desprinde din prima perioadă — aci nu poate fi vorba de o politică conștientă a combustibilului — prezintă toate caracterele arătate mai înainte referitoare la capitalism. Cu toate că țara noastră este dotată cu bogate și în special variate resurse de combustibil — cărbuni, petrol, gaze, lemn, turbă, etc. — exploatările se făceau la cărbune superior, petrol, gaze și lemn, exploatări de jaf. Consumul de combustibil pentru anii 1937—39 se prezenta precum urmează :

Cărbuni	26,4%
Petrol	26,7%
Gaze naturale	17,6%
Lemne	29,3%

Dacă se consideră rezervele geologice cunoscute la acea dată, ponderile relative la rezerve și consum pe diferitele categorii mari de combustibili primari se prezentau astfel :

	Rezerve	Consum
Cărbuni	95,3%	37%
Petrol	1,7%	38%
Gaze naturale	3,9%	25%
	100 %	100%

Aceste cifre vorbesc dela sine nemai fiind nevoie de nici un alt comentariu.

Turba nu era deloc folosită, iar ligniții care reprezintă ponderea cea mai mare în cadrul rezervelor noastre de combustibil, nu erau exploatați și utilizați decât într'o măsură neglijabilă. Intr'o comunicare făcută în 1948, la Academia R. P. R. academicianul Nicolau a zugrăvit în cuvinte mișcătoare moștenirea primită dela fostele regimuri burghezo-moșierești, arătând politica de jaf și incuria din domeniul extracției și utilizării combustibilului.

După cucerirea puterii de către clasa muncitoare și odată cu trecerea la construirea socialismului și la conducerea planificată a economiei naționale, această stare de lucruri nu mai putea dăinui. Politica combustibilului trebuia să devină conștientă și în același timp să fie în concordanță cu condițiile nou create.

Astăzi, politica conbustibilului în țara noastră este trasată în liniile ei mari, directoare. Acest lucru a fost făcut de tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej în două rânduri : cu ocazia raportului asupra planului de electrificare a R.P.R. și cu ocazia expunerii la consfătuirea pe țară a muncitorilor mineri din industria carboniferă.

Cu ocazia raportului asnpra planului de electrificare tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej a arătat că, pentru electrificare, trebue să se treacă la valorificarea rațională a resurselor energetice, folosind combustibili inferiori (ligniți, turbă, deșeuri de cărbuni și în general orice combustibili ce nu pot fi utilizați mai bine în alt domeniu) ; se vor economisi combustibilii superiori lichizi și gazoși precum și cărbunele

brun pentru utilizări mai raționale, ca materie primă pentru industria chimică, transporturi, încălzit, etc. Cu ocazia consfătuirii din Valea Jiului, tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej a spus: „Spre deosebire de trecut, se prevede o utilizare mai rațională a cărbunilor, în sensul utilizării cărbunilor superiori în scopuri tehnologice complexe (cocsochimice), iar pentru producția de energie să se utilizeze cărbuni inferiori cât mai aproape de locul de producție".

Aceste indicații prețioase trasează liniile mari ale politicii combustibilului. Pe aceste linii se merge cu pași siguri. Se construesc mari centrale electrice la gura minei, consumând ligniți sau deșeuri de cărbune, vom avea un combinat care va folosi turba — prima utilizare la noi a turbei pe scară mare industrială — se construesc combinate pentru chimizarea gazelor combustibile, — metan și gaze de rafinărie — ligniții se înobilează în stații de deshidratare, se restrânge din ce în ce mai mult consumul de combustibil superior la cazane și alte utilizări finale unde se pot folosi combustibilii inferiori, etc. Această situație care se realizează sub ochii noștri, arată pe deplin netemeinicia afirmațiilor burgheziei care vânzând țara intereselor imperialismului străin, se opunea oricărei propuneri în acest sens făcute în trecut de tehnicienii noștri cinstiți.

Iată ce scria în 1935 un exponent al marii burghezii din țara noastră (I. E. Bujoi, Problemele cărbunilor în România sub aspectul valorificării lor pentru scopuri vechi și noi, Buletinul IRE, anul III, 1935 vol. II pg. 830): „Recomandația făcută adesea: electrificați țara, faceți centrale mari la mine și apoi distribuiți energie, nu poate fi luată nici măcar în considerare, căci dacă examinăm cifrele, constatăm că consumul de curent electric pe cap de locuitor și pe an sau pe km² și pe an este extrem de redus, iar cheltuelile considerabile de investiții în centrale și rețele, care cer un mare efort financiar — practic imposibil de realizat în țară — sunt atât de mari, încât impun sarcini de capital pe kWh, care ar tripla prețul normal al curentului distribuit".

Realizările regimului nostru de democrație populară arată că clasa noastră muncitoare, în frunte cu Partidul ei, știe să gospodărească mai bine și mai rațional avuțiile țării spre binele întregului popor muncitor.

Cu toate realizările noastre, nu trebue să ne culcăm însă pe lauri. S'a făcut un început, dar mai este încă mult de făcut. Dacă liniile mari, directoare, ale politicii combustibilului pentru țara noastră au fost trasate și s'a trecut la restaurarea în timp a balanței noastre de combustibil, tinzând la inversarea ponderilor în ceeace privește utilizarea combustibilului superior, trebue trecut la detailarea problemei. Trebue stabilite căile pe care să se realizeze politica combustibilului trasată, trebue studiată și adâncită problema în toată complexitatea ei.

Dacă se consideră consumul de combustibil pe întreaga economie națională, după ramurile mari în care are loc consumul, aceasta se repartizează precum urmează:

In energetică (consum energetic) .	22,4%
In industrie (consum tehnologic) .	32,0%
In transporturi	24,1%
In gospodărie comunală și personală	21,5%
	100,0%

Aceste cifre reprezintă structura consumului de combustibil în U.R.S.S. pe anul 1940. In lipsă de date pentru țara noastră, chiar dacă în prezent structura este oarecum diferită, în perspectivă privind, se poate presupune că și în economia noastră se va ajunge într'un viitor apropiat la o structură similară.

Rezervele noastre cele mai mari de combustibil sunt în cărbuni și în cadrul acestora, rezervele cele mai mari sunt reprezentate de ligniți, deci la prima vedere, combustibil inferior. Pe de altă parte, desvoltarea industriei grele în frunte cu siderurgia cere din an în an tot mai mult combustibil tehnologic, deci combustibil cu calități condiționate. Această situație face necesară înobilarea cărbunilor noștri inferiori — în special ligniții de care dispunem în cantitățile cele mai mari — aceștia devenind materie primă pentru diverși combustibili tehnologici, de calitate. Cercetări în acest domeniu sunt în curs, iar stadiul înaintat al unora dintre ele arată că nici chiar ligniții noștri nu vor fi — în perspectivă privind — combustibilul inferior prin excelență.

Problema aprovizionării populației cu combustibil este deasemenea de mare importanță. Populația dela orașe va trece de 7 milioane în 1960 față de 5,5 milioane la începutul anului 1953. Considerând în medie 0,8 t combustibil convențional pe cap de locuitor dela oraș pe an, se obține pentru populație un necesar, în 1960, de 5,6 milioane tone combustibil convențional, ceeace reprezintă o cantitate apreciabilă de combustibil ce va trebui satisfăcută, cruțând lemnele de foc și combustibilul lichid. Acest lucru ridică deasemenea problema obținerii unui combustibil domestic din combustibilii noștri inferiori, care în niciun caz nu pot fi arși ca atare în instalațiile domestice de ardere (sobe, plite, etc.). Problema brichetării și a gazeificării precum și problema cantităților de gaze naturale ce se pot repartiza consumului domestic trebue serios examinată. Introducerea termoficării pe scară din ce în ce mai largă va putea rezolva parțial această problemă dar numai în ceeace privește alimentarea populației cu căldură la potențial scăzut (apă caldă la 70—90°C); rămâne totuși deschisă problema alimentării populației cu căldură la potențial ridicat, pentru preparatul hranei.

In cele de mai sus, s'au desprins doar două din multiplele probleme în curs de rezolvare, privind liniile mari, trasate de politica combustibilului; ele arată în mod clar că mai este încă un drum lung și greu care trebue să mai fie

parcurs până a avea o politică a combustibilului trasată și în liniile ei de detaliu.

* * *

Mijlocul prin care se poate analiza problema combustibilului și trage concluziile în vederea stabilirii conștiente a unei politici a combustibilului în detaliu, este balanța de perspectivă a combustibilului. Dela început trebue arătat că există o deosebire radicală între o balanță operativă și una de perspectivă. Pe când o balanță operativă stabilește posibilitățile de satisfacere a consumului pe o anumită perioadă, relativ scurtă — an sau cincinal — permițând unele mici schimbări în ceeace privește repartiția diferitelor feluri de combustibil între diferiții consumatori, pe baza unor date certe de consum și producție, balanța de perspectivă a combustibilului se referă la o perioadă mai lungă — 10 până la 15 ani — și trebue să cuprindă tendințele generale de desvoltare a structurii producției și consumului de combustibil pe baza planului de perspectivă a diferitelor ramuri ale economiei naționale. Elaborarea unei balanțe de perspectivă a combustibilului înseamnă de fapt elaborarea unui plan de perspectivă pentru reconstrucția întregii economii a combustibilului. Principalele probleme ale politicii combustibilului, ca de pildă folosirea rațională a diferiților combustibili, structura consumului pe zone energetice, influența diferitelor feluri de combustibil asupra structurii și regimului consumului în diferitele ramuri ale economiei naționale, etc. pot căpăta o soluție concretă și o motivare corespunzătoare numai cu ajutorul balanței de perspectivă a combustibilului.

La o atare înțelegere a esenței balanței de perspectivă a combustibilului, pentru elaborarea ei este cu totul insuficient de a avea date numai cu privire la nevoile de combustibil și cu privire la volumul extracției sale așa cum este cazul la o balanță operativă. Activul și pasivul balanței trebuesc să fie constituite în așa fel încât să poată rezolva totalitatea problemelor arătate mai sus. Va trebui plecat dela resursele geologice (A, B și C) cunoscute la un moment dat, și ținând seama de posibilitățile de extracție și de utilizare multilaterală și complexă a combustibililor — expresie a tehnicei celei mai avansate, — ținând seama de fiecare fel de combustibil și de răspândirea lui teritorială, să se ajungă în final la consumul lui, obținându-se o corelație justă între consumul diferitelor feluri de combustibil în diferitele ramuri ale economiei naționale și o justă repartiție teritorială a acestui consum în vederea evitării transporturilor inutile. Deasemenea va trebui ținut seama de continua scădere a consumurilor specifice de combustibil.

Activul balanței de perspectivă a combustibilului trebue să conțină nu numai datele grupate pe zone teritoriale privind rezervele A și B și extracția lui pe diferite feluri, dar trebue să și clasifice aceste date pe sorturi comercializabile de combustibil, în special în conformitate cu folosirea lor posibilă.

Pasivul balanței de perspectivă a combustibilului trebue deasemeni să conțină nu numai datele grupate pe zone teritoriale privind necesarul diferitelor ramuri ale economiei naționale, dar trebue să conțină și structura acestor necesități în conformitate cu utilizarea lui finală (combustibil tehnologic, energetic, domestic, materie primă, etc.). Defalcarea necesităților de combustibil în conformitate cu utilizarea sa finală are o importanță hotărîtoare la construirea balanței de perspectivă a combustibilului.

Din cauza însușirilor lor, unele sorturi de combustibil pot fi utilizate numai pentru anumite scopuri. Astfel tehnologia impune combustibilului anumite condiții de calitate ceeace aduce cu sine limitarea posibilităților de înlocuire a lui. Din această cauză structura consumului de combustibil după utilizarea lui finală este în strânsă legătură cu structura extragerii combustibilului precum și cu un șir întreg de măsuri din cele mai importante privind politica combustibilului.

Sporirea cererii de combustibil tehnologic, sporire ce este în strânsă legătură cu ritmul desvoltării industriei socialiste, duce cu sine fie la creșterea consumului de combustibil adus dela distanță, fie la necesitatea modificării radicale a însuși modului de folosire a combustibilului, adică la necesitatea prelucării lui într'o proporție din ce în ce mai mare (inobilare, cocsificare, brichetare, gazeificare). Acest lucru are o importanță hotărîtoare la elaborarea întregului plan de reconstrucție a economiei combustibilului, dacă se ține seama de imperativul de a nu merge pe linia sporirii relative a volumului de combustibil adus dela distanță.

Desvoltarea termoficării are deasemenea o influență hotărîtoare asupra politicii combustibilului. Aprovizionarea centralizată cu căldură pe baza producției combinate a energiei electrice și a căldurii, exercită o înrâurire din cele mai esențiale asupra structurii balanței de perspectivă a combustibilului. Acest lucru se explică pe de o parte prin faptul că termoficarea, sporind mult eficacitatea folosirii combustibilului, duce la o reducere relativă a necesităților de combustibil, iar pe de altă parte, modifică substanțial cerințele impuse calității combustibilului și prin aceasta influențează asupra structurii producției de combustibil. Acest rol al termoficării și limitele ei de aplicare trebue să se reflecte în balanța de perspectivă a combustibilului. In aceste condițiuni, balanța de perspectivă a combustibilului permite stabilirea unor proporții și sfere de aplicare a termoficării, ca unul din elementele principale în reconstrucția economiei combustibilului.

La întocmirea unei balanțe de perspectivă a combustibilului — lucrarea ce se face în scopul de a stabili în detaliu o linie justă de conduită privind structura și organizarea cât mai rațională a gospodăririi combustibililor, — trebue să se plece neapărat dela cunoașterea unei situații

concrete, existente la un moment dat, trebue avut în față însăși obiectul ce se propune a se restructura. Deaceea concomitent cu elaborarea unei balanțe de perspectivă a combustibilului se face și o anchetă statistică în vederea întocmirii balanței combustibilului pentru un an de referință, pe date certe, efective. Această balanță pentru anul de referință se face după același model ca și balanța de perspectivă.

Din balanța de perspectivă în diferitele ipoteze de restructurare a economiei combustibilului și din cea pentru anul de referință, se calculează o serie întreagă de indici. Dinamica acestor indici, în diferitele ipoteze, având toate ca punct de plecare anul de referință, servește la apreciarea justeței variantei respective.

Pentru ilustrare, se dau mai jos principalii indici care servesc la studiul variantelor balanței de perspectivă a combustibilului.

A) INDICI REFERITORI LA RESURSELE NATURALE DE COMBUSTIBIL

1. Inzestrarea cu combustibil pe km² teritoriu

$$\frac{\text{Rezerve A + B + C}}{\text{km}^2} \quad \frac{10^6\ \text{t}}{\text{km}^2}$$

2. Inzestrarea cu combustibil pe un locuitor dela oraș

$$\frac{\text{Rezerve A + B + C}}{\text{locuitori dela oraș}} \quad \frac{10^3\ \text{t}}{\text{loc}}$$

3. Gradul de explorare a resurselor

$$\frac{\text{Rezerve A + B}}{\text{Rezerve A + B + C}}\ \%$$

4. Gradul de exploatare a resurselor

$$\frac{\text{Producția anuală}}{\text{Rezerve A + B}}\ \%$$

5. Structura resurselor

a) $$\frac{\text{Rezerve A + B + C pe fel de combustibil}}{\text{Total rezerve A + B + C}}\ \%$$

b) $$\frac{\text{Rezerve A + B pe fel de combustibil}}{\text{Total rezerve A + B}}\ \%$$

B) INDICI REFERITORI LA PRODUCȚIA DIN SURSELE NATURALE DE COMBUSTIBIL

1. Coeficient de producție pe zonă

$$\frac{\text{Producție pe zonă}}{\text{Producție pe țară}}\ \%$$

2. Coeficient de satisfacere a consumului în zonă

$$\frac{\text{Producție în zonă}}{\text{Consum în zonă}}\ \%$$

C) INDICI REFERITORI LA TRANSPORTUL COMBUSTIBILILOR

1. Distanța medie absolută de consum

$$\frac{\text{t km combustibil natural}}{\text{producție în t combustibil natural}}\ \text{km}$$

2. Distanța medie relativă la consum

$$\frac{\text{t km combustibil natural}}{\text{producție în t combustibil convențional}}\ \text{km}$$

D) INDICI REFERITORI LA CONSUMUL DE COMBUSTIBIL

1. Coeficient de consum pe zonă

$$\frac{\text{Consum pe zonă}}{\text{Consum pe țară}}\ \%$$

2. Coeficient de consum pe ramură a economiei

$$\frac{\text{Consum pe ramură}}{\text{Consum pe teritoriul respectiv}}\ \%$$

3. Consum specific pe ramură industrială

$$\frac{\text{Consum pe ramură}}{\text{producție globală}}\ \text{t/10}^6\ \text{lei producție globală}$$

4. Compoziția consumului după utilizări finale

a) $$\frac{\text{Consum la cazane}}{\text{Total consum}}\ \%$$

b) $$\frac{\text{Consum la motoare cu ardere internă}}{\text{Total consum}}\ \%$$

c) $$\frac{\text{Consum în instalații tehnologice}}{\text{Total consum}}\ \%$$

d) $$\frac{\text{Consum gospodăresc}}{\text{Total consum}}\ \%$$

e) $$\frac{\text{Consum ca materie primă pentru chimizare}}{\text{Total consum}}\ \%$$

S'au dat mai sus formulele de bază ale indicilor principali. Bine înțeles fiecare formulă se va utiliza pentru stabilirea unor serii întregi de indici referitori la fiecare fel de combustibil, fiecare zonă teritorială, fiecare ramură, etc. Se capătă astfel un sistem destul de vast și complex de indici, la a căror considerare însă nu se poate renunța dacă se urmărește găsirea soluției cât mai bune.

Pe baza analizei detailate și multilaterale a balanței de perspectivă a combustibilului și a dinamicei ce prezintă indicii calculați cu datele din această balanță, pe baza diferitelor variante pe care le ia aceasta ca urmare a diferitelor ipoteze de restructurare a ei, și pe baza considerării consecințelor tehnico-economice ce decurg din aceste restructurări propuse, se poate ajunge la concluziile căutate, dintre care se citează cele mai importante ca :

— Combustibilul ce trebue să aibe ponderea cea mai mare în consumul fiecărei zone, ținându-se seama de resursele zonei respective, de distanțele de transport și de evitarea transportului în contrasens ;

— Combustibilul ce trebue să aibe ponderea cea mai mare în consumul fiecărei ramuri pe zone energetice, ținându-se seama de structura

utilizărilor finale ale combustibilului în diferitele ramuri;

— Prelucrarea combustibililor naturali — în special a cărbunilor — în vederea obținerii unei utilizări cât mai raționale a acestora, ținându-se seama de toate posibilitățile de trecere dela un combustibil la altul și de progresul tehnic;

— Mijloacele de intensificare a utilizării combustibilului local și deșeurilor combustibile industriale și agricole;

— Profilarea zăcămintelor de combustibil — în special cărbune — în ceeace privește destinația lor;

— Coordonarea planului de explorări cu necesiatea noilor deschideri.

Țara noastră dispune de bogate și variate resurse de combustibil și chiar dacă rezervele cele mai mari nu sunt în partea combustibilului superior, rezervele noastre, bine gospodărite și rațional utilizate, pot satisface mulți ani necesarul nostru de combuslbil. Pentru aceasta însă nu se poate merge pe calea cea mai comodă, ci se cer studii și cercetări efectuate din timp. Realizările noastre de până acum, ajutorul multilateral și dezinteresat al Uniunii Sovietice, ne îndreptățește să afirmăm că clasa noastră muncitoare condusă de Partidul ei va ști să rezolve cu succes și aceste sarcini spre binele întregului popor muncitor, spre continua întărire a marelui lagăr al păcii.

★

ПОЛИТИКА ТОПЛИВА

Резюме

После того как указывается что именно понимается под политикой топлива и какие ее определяющие факторы, переходится к краткому сравнительному изложению политики топлива в капиталистических странах и С.С.С.Р.; производится краткий анализ положения в Р.Н.Р. Указывается р ль перспективного баланса топлива при разработке политики топлива.

TERMOENERGETICA

COMPORTAREA METALELOR LA ACȚIUNEA APEI ȘI ABURULUI, ÎN CENTRALE ELECTRICE

Prof. Dr. Ing. C. MIKLOȘI

In acest articol, se studiază însușirile și comportarea metalelor și aliajelor în condițiile de exploatare din centralele termoelectrice cu abur. Se arată deranjamentele datorite acțiunei apei și aburului și metodele de evitarea lor.

A) INTRODUCERE

1. Desvoltarea centralelor electrice cu abur e strâns legată de progresul în metalurgie. Realizarea ciclurilor de abur de presiune și temperatură înaltă n'ar fi fost posibilă fără oțeluri speciale cu rezistență mecanică destul de mare chiar și la temperaturi până la 600° C. Unele părți ale instalațiilor sunt expuse și oxidării și ele trebue să reziste și acestei acțiuni.

In exploatare intervin fenomene care determină: *a*) solicitări mecanice datorită presiunii interioare desvoltată de apă sau abur, sau solicitări produse de forța centrifugă și de vibrații; *b*) solicitări cauzate de diferențe de temperatură *c*) uzură prin părțile abrazive în mișcare sau prin presiuni locale foarte mari și *d*) coroziune.

Comportarea metalelor și aliajelor față de aceste acțiuni depinde de: compoziția chimică, de metode de elaborare și de felul de prelucrare.

Deranjamentele din exploatare sunt determinate nu numai de însușirile metalelor și aliajelor din care sunt confecționate părțile instalației ci și de felul exploatării. In această din urmă privință, un rol foarte important îl are calitatea apei și aburului care circulă în instalație, având rolul de agent energetic.

In cele ce urmează, ne vom ocupa de fenomenele care sunt datorite acțiunii apei și aburului asupra părților metalice din centralele electrice cu abur. Vom considera mai ales generatorii de abur.

B) ACȚIUNI FAȚĂ DE CARE TREBUE SĂ REZISTE METALELE

a) Solicitări mecanice datorite presiunii interioare. Solicitări continue sau periodice

2. Presiunea interioară din cilindrii căldărilor cu abur și din tuburile de vaporizare, supraîncălzire și preîncălzire, produc solicitări mecanice în pereții metalici ai acestor elemente.

Intr'o piesă cilindrică, simetrică față de o axă, confecționată prin forjare sau laminare dintr'o singură bucată și recoaptă ulterior, repartizarea solicitării e uniformă și ea se poate calcula prin formulele simple care au fost adoptate de prescripțiunile oficiale de dimensionare.

Solicitarea se poate considera ca fiind uniformă şi în cazul unui cilindru sudat fără suprapuneri şi recopt.

3. Nituitul introduce complicaţiuni în ce priveşte repartizarea tensiunilor. Facem abstracţie de greşeala evidentă a găuririi prin poansonare, o metodă de lucru care introduce solicitări mari în materialul din jurul găurilor şi care este astăzi interzisă. Presupunând deci că găurile sunt făcute cu burghiul şi că ele sunt ajustate prin alezare, rămân următoarele cauze ale unei repartizări neuniforme a tensiunilor : *a*) Micşorarea locală a secţiunii rezistente, prin găurile pentru nituri ; *b*) desaxarea tablelor nituite ; *c*) eclisele necesare pentru formarea cusăturilor cu nituri ; *d*) racordarea prin nituire a fundurilor de căldări ; *e*) îngroşarea locală a secţiunii la şeile de racordare ale fascicolelor de ţevi ; *f*) metoda de nituit, mai ales presiunea aplicată asupra capului de nit ; *g*) mandrinarea ; *h*) încovoierea tablelor şi tuburilor ; *i*) tensiuni reziduale rămase dela sudură.

Cazurile de sub *a* — *e* se pot caracteriza pe scurt prin aceea că secţiunea rezistentă nu rămâne constantă ci variază. Presiunea de nituit (*f*), mandrinarea (*g*) şi încovoierea (*h*) produc deformaţii plastice şi prin aceasta, introduc tensiuni interioare suplimentare care se compun cu tensiunile produse de parametrii de exploatare.

Tensiuni suplimentare rezultă şi din cauza unor discontinuităţi în material ca : goluri, inclusiuni nemetalice şi iregularităţi dela suprafaţă. Acestea din urmă pot fi adânciture repartizate pe suprafeţe relativ mari faţă de adâncime sau ele pot avea caracterul unei crestături înguste şi adânci. Acestui din urmă tip i se pot asimila şi inclusiunile nemetalice care ies până la suprafaţă, sub forma unor plăci subţiri. Acestea au acelaşi efect ca şi crăpăturile de suprafaţă, forma cea mai periculoasă a discontinuităţilor.

Discontinuităţile produc câmpuri triaxiale de tensiuni care pot determina solicitări mult mai mari decât cele calculate după formulele convenţionale.

In părţile din rotorul unei turbini ca : roţi cu palete şi tamburi, solicitările sunt determinate de forţa centrifugă, de forţa tangenţială şi de forţele de inerţie datorite vibraţiilor.

Solicitările mecanice din elementele unei căldări sau turbini cu abur pot proveni dela : *a*) forţe aplicate intens şi *b*) forţele aplicate repetat.

4. Solicitările aplicate intens trebue să fie mai mici decât limita la care începe deformaţia plastică a metalului. Raportul dintre această limită şi solicitarea reală reprezintă gradul de siguranţă. La oţelul cu temperatura sub 400°C, se consideră ca bază de comparaţie limita de curgere determinată de temperatura respectivă printr'o încercare obişnuită de tracţiune. La oţelul cu temperatură peste 400°C, aşa numita rezistenţă vâscoasă reprezintă limita cu care trebuie comparată solicitarea reală. Rezistenţa vâscoasă trebuie determinată printr'o încercare specială, în care o forţă de tracţiune constantă este aplicată probei timp îndelungat. La temperaturi înalte, rezistenţa vâscoasă e mai mică, decât limita de curgere, amândouă caracteristicele fiind determinate la una şi aceeaşi temperatură. In centralele termoelectrice cu abur, fenomenul de deformaţie vâscoasă s'a manifestat de exemplu la buloanele dintre colectorul supraîncălzitorului şi flanşa conductei de abur : şuruburile solicitate peste rezistenţa vâscoasă s'au alungit şi a rezultat o scăpare de abur continuă însă imperceptibilă pentru ureche. Tuburile orizontale ale unui supraîncălzitor şi elementele de susţinere a supraîncălzitorului se încovoaie cu timpul sub acţiunea greutăţii, dacă suportul nu este corespunzător.

5. Mai periculoasă decât forţele aplicate intens sunt acele care intervin în mod periodic, variind între două limite. Solicitările ce rezultă pot varia : *a*) între zero şi un maximum ; *b*) între o valoare σ_1 şi o altă valoare σ_2. In cazul *a* se vorbeşte de solicitarea repetată, iar în cazurile care sunt de categoria *b* de solicitare pulsatoare ; un caz special al solicitării pulsatoare este când $\sigma_2 = -\sigma_1$ ceeace se caracterizează prin denumirea de solicitare alternantă.

Dacă tensiunile ce se produc sub acţiunea forţelor aplicate periodic sunt destul de mari aceasta din cauza câmpurilor triaxiale locale (datorite eterogenităţii materialului sau a discontinuităţilor : crăpături, fisuri) atunci este învinsă coeziunea şi rezultă o fisură sau se întinde o fisură-crăpătură existentă. Sub acţiunea forţei periodice fisura se propagă din ce în ce, micşorând secţiunea rezistentă. Acesta e fenomenul obosirii care se termină printr'o ruptură, atunci când secţiunea rămasă devine prea mică faţă de forţa de transmis. Fisurile de obosire se formează cu atât mai uşor cu cât gradul de plasticitate a materialului e mai mic. Ruperea prin obosire se produce după un anumit număr al perioadelor de repetare a forţelor, număr care e cu atât mai mic, cu cât solicitarea e mai mare şi care devine egal cu unu dacă solicitarea atinge rezistenţa la rupere a materialului. La oţel rece există o limită pentru solicitare, sub care nu se produce ruptura prin obosire ; la o solicitare chiar egală cu această limită, aşa numita rezistenţă la obosire, ruptura intervine după zece milioane perioade de aplicare a forţei. La oţelul cald şi la metalele neferoase reci nu există o astfel de limită bine precizată ; nu se poate vorbi deci de o rezistenţă la obosire propriu zisă ci numai de o rezistenţă la obosire legată de un anumit număr al perioadelor de aplicare a forţei, sau de un anumit timp, dacă frecvenţa aplicaţiunilor e constantă.

La generatorii de abur şi turbinele cu abur solicitările variază în funcţie de valorile presiunilor şi temperaturilor care intervin la punerea în funcţie (încălzire), menţinerea în funcţie şi oprire (răcire).

Deranjamentele care rezultă în urma unor rupturi prin obosire sunt foarte serioase.

b) **Solicitări mecanice datorite diferenţelor de temperatură**

Solicitarea unei ţevi fierbătoare sau a unui cilindru de căldare, corespunde valorii ce rezultă din formulele convenţionale, numai dacă temperatura peretelui metalic este peste tot aceeaşi. In realitate însă, suprafaţa atinsă de gaze e mai caldă decât suprafaţa atinsă de apă sau abur, aceasta potrivit căderii de temperatură ce se stabileşte în perete la transmiterea de căldură. Dacă prin peretele unui tub fierbător cu o grosime de δ metri şi conductibilitate termică Kcal/°C, m, h trece un flux de căldură q_m kcal/m² h, atunci se stabileşte o cădere de temperatură Δt dată de formula :

$$\Delta t = \frac{q_m \delta}{\lambda}$$

Aici cifra q_m e raportată la secţiunea medie de trecere a căldurii

Dacă $q_m = 300.000$, $\lambda = 40$, $\delta = 0{,}008$, rezultă $\Delta t \cong 60°C$

Corespunzător acestei diferenţe, în partea exterioară a tubului materialul tinde să se dilate, ceeace însă nu se poate produce în mod liber din cauza rezistenţei opuse de materialul din interior. Consecinţa e că se stabileşte o stare de tensiune : compresiune tangenţială în exterior şi tracţiune tangenţială în interior. Solicitarea tangenţială interioară ce rezultă după teoria elasticităţii, este în cazul nostru de cca 7 kg/mm². Acesta se adaugă solicitării de 5 kg/mm² ce s'ar stabili la 100 at şi un diametru interior de 80 mm şi o temperatură uniformă în peretele tubului. Rezultă astfel o solicitare totală la tracţiune de 12 kg/mm².

Dacă solicitarea în interior întrece limita de curgere, ar rezulta o deformaţie plastică şi micşorarea solicitării în consecinţă.

Condiţiuni similare în privinţa tensiunilor produse de diferenţa de temperatură în perete există şi la cilindrii de căldare care nu sunt protejaţi contra atingerii cu gazele de ardere sau care, din motive constructive nu pot fi apăraţi, ca în cazul tuburilor de flacără ale anumitor căldări.

7. In cilindrii se stabilesc diferenţe de temperatură şi între diferitele generatoare ale cilindrului. Aşa de exemplu la cilindrul unei căldări care este în curs de încălzire, fără să debiteze încă abur, se poate întâmpla ca, în lipsă de circulaţie, apa dela fund să fie încă rece, iar în partea de sus să fie abur. In acest caz, cilindrul e rece în lungul generatoarei de jos şi mult mai cald în lungul generatoarei de sus. Consecinţă e că cilindrul se încovoaie, rezultând tensiuni a căror mărime depinde de reacţiunile ce se transmit cilindrului dela scheletul căldării şi dela fascicolele de ţevi fixate în cilindru.

Impingeri mari se pot transmite cilindrilor dela fascicolele de ţevi. Forţele deformează secţiunea circulară a cilindrului şi produc tensiuni considerabile, cu atât mai mari cu cât tuburile sunt mai puţin curbate, cazul cel mai defavorabil fiind cel cu tuburi drepte. Este deasemenea dezavantajos de a aplica pe cilindru şei rigide cu găuri pentru ţevi ; în acest caz acolo unde şeaua se suprapune cu cilindrul peretele e îngroşat. La marginea şeii, grosimea se micşorează în mod brusc şi se trece dela o porţiune rigidă la cilindrul mult mai puţin rigid. In această secţiune de trecere rezultă discontinuitate în deformaţia elastică, deci se produc tensiuni loeale mari.

8. Intr'un cilindru de căldare intervin următoarele solicitări adiţionale peste solicitarea de bază calculată din formule convenţionale, şi anume : *a*) Tensiuni în urma încovoierii sub acţiunea greutăţii proprii şi a greutăţii conţinutului de apă ; *b*) tensiuni din cauza diferenţei între temperatura suprafeţei exterioare şi temperatura suprafeţei interioare ; *c*) tensiuni din cauza diferenţei între temperaturile diferitelor generatoare ; *d*) tensiuni normale şi tangenţiale produse de mandrinarea ţevilor.

La un cilindru confecţionat din oţel, cu limita de curgere de 18 kg/mm², având diametrul interior de $d_1 = 1300$ mm, şi un pas de 190 mm între găurile de 84 mm în lungul generatoarelor, formula oficială ar da pentru 36 at la un factor de siguranţă = 2, şi grosimea peretelui de 58 mm, solicitarea de bază de mărimea :

$$\sigma_o = \frac{1300 \cdot 0{,}36}{2} \cdot \frac{1}{58} \cdot \frac{190}{190-84} = 7{,}2 \text{ kg/mm}^2$$

La un astfel de cilindru tensiunea datorită încovoierii (*a*) a fost găsită ca fiind de 3,5 kg/mm² Tensiunea cauzată de căderea de temperatură în perete este sub 1 kg/mm² la un cilindru izolat faţă de curentul de gaze, atinge însă valori mari dacă gazele ating cilindrul (la o cădere de temperatură de 60°C tensiunea este de ordinea de mărime 7 kg/mm²). Tensiunea produsă de mandrinare e mare ; într'un caz special s'a găsit valoarea de 11,2 kg/mm² pentru tensiunea tangenţială la gaura din cilindru.

Tensiunea datorită mandrinării nu se adaugă algebric, aceasta fiindcă în jurul găurilor există un câmp de tensiuni reziduale care se modifică atunci când intervine tensiunea σ_0. Se vede totuşi, chiar dacă cilindrul e protejat, tensiunea totală dela marginile găurilor pentru ţevi se urcă la o valoare care se apropie de limita de curgere a oţelului.

Din acest exemplu reiese că la dimensionarea cilindrilor trebue să se procedeze cu mare atenţie pentru a evita solicitări excesive, care ar putea deveni cauza unor deranjamente grave.

O precauţiune şi mai mare se cere la dimensionarea fundurilor de cilindru, în special la alegerea razei de curbură a transiţiei dintre partea cilindrică şi partea sferică a fundului. Situaţia dificilă este mai ales la căldările cu tub de flacără unde intervin efecte termice mari.

9. Am văzut că în peretele unui tub se produce o cădere de temperatură. In exemplul considerat, această cădere a fost de cca 60°C. Urmarea este că la suprafaţa exterioară a tubului se stabileşte o temperatură mai înaltă decât temperatura depe suprafaţa interioară a tubului.

In tub avem apă, amestec de apă și abur și în partea de sus eventual numai abur. La o presiune de 100 at, apa fierbe la temperatura de 310°C, iar coeficientul de transmitere a căldurii poate varia între următoarele limite. :

a. Dela tub la apă 3000 kcal/m² h °C.

b. Dela tub la amestecul de apă și abur 10 000 kcal °C.

c. Dela tub la abur saturat 1 500 kcal °C.

In exemplul considerat, fluxul de căldură pe un m² secțiune cilindrieă medie a fost de 300 000 kcal/m², h. Dacă se consideră aceași valoare și pentru suprafața spălată de apă, deci dacă nu ținem seama de faptul că din cauza grosimii peretelui, suprafața cilindrică interioară e mai mică decât secțiunea medie, atunci obținem următoarele valori aproximative pentru căderile de temperatură :

$$\Delta t_1 = \frac{300\,000}{3000} = 100°C.$$

$$\Delta t_2 = \frac{300\,000}{10000} = 30°C.$$

$$\Delta t_3 = \frac{300\,000}{1500} = 200°C.$$

Temperaturile exterioare rezultă ca sumă din temperatura interioară de 310°C, din căderea de temperatură la suprafața interioară a tubului (100,30 sau 200°C) și din căderea de temperatură de 66°C în peretele tubului. Obținem astfel :

$$t_{e1} = 470°C, \quad t_{e2} = 400\,°C, \quad t_{e3} = 570°C$$

In cazul 3, oțelul-carbon se distruge repede prin oxidare.

c) Cavitația și eroziunea

10. Cavitația și eroziunea sunt fenomene mecanice care intervin la turbine și pompe. La mașini hidraulice — turbine și pompe — cavitația se manifestă prin uzuri locale adânci și se produce dacă într'un anumit loc de pe paletă presiunea scade sub presiunea vaporilor saturați de aceeași temperatură cu apa. Dacă bula formată prin evaporare ajunge într'un alt loc de presiune mărită, se produce o condensare bruscă și un vid local în care apa se precipită cu o iuțeală mare. Șocul ce rezultă pe suprafața paletei produce o presiune foarte mare și, în consecință, o uzură.

Cavitația poate distruge repede pompele de apă din centralele cu abur.

Eroziunea este un fenomen de uzură produs de părțile solide antrenate de apă sau abur.

d) Coroziunea

11. Prin coroziune se înțelege efectul distrugător ce se produce în urma reacțiilor chimice între metale sau aliaje și mediul înconjurător. Ca rezultat al coroziunii se schimbă compoziția și proprietățile materialului. Coroziunea începe dela suprafața metalului și se propagă asupra straturior din adâncime (I. I. Clinov).

Reacțiile de coroziune se pot considera ca oxidare și se pot produce datorită afinității chimice sau sub efectul electrolizei. Deaceea se vorbește de coroziune chimică și coroziune electrochimică.

Coroziune chimică o întâlnim de exemplu în cazurile când metalul se află într'o atmosferă oxidantă, lipsită de umiditate. O astfel de coroziune se produce în aer, la temperatură înaltă.

In cele mai multe cazuri, coroziunea este de natură electrochimică și se datorește curenților locali eare se stabilesc între diferite locuri depe suprafața metalului într'un circuit care se închide prin soluția electrolitică dintre două locuri și prin metal. Pentru ca să se stabilească un astfel de curent, este necesar ca pe suprafața metalului să existe locuri de potențial electric diferit față de electrolit.

12. Potențialul unui metal scufundat ca electrod într'o soluție se măsoară față de un al doilea electrod normal al cărui potențial se consideră în mod convențional ca fiind egal cu zero. Ca electrod normal se folosește o placă de platină acoperită cu un precipitat proaspăt de negru de platină, saturat cu hidrogen la presiunea de 760 mm și la temperatura de 25°C. Potențialul acestui electrod, numit „electrod de hidrogen" față de o soluție cu concentrație normală (N/1) în ioni de hidrogeni, se consideră ca fiind egală cu zero. Potențialele metalelor față de acest electrod pot fi pozitive sau negative. Valorile potențialelor măsurate în soluția de concentrație normală (N/1) în ionii metalului respectiv sunt arătate în tabela 1. Dela aur până la bismut inclusiv, potențialul e pozitiv, iar dela plumb spre potasiu este din ce în ce mai negativ.

Potențialele variază cu concentrația soluției în ioni de metal. Dacă această concentrație este *c*, iar valența ionilor *n*, atunci la temperatura de 23°C, corecția de aplicat potențialului de electrod este dată de expresia

$$\frac{0{,}059}{n} \log c.$$

Tabela 1

Potențialul de electrod al metalelor la 25°C într'o soluție cu concentrație normală în ionii metalului respectiv (J. J. Clinov)

Metalul	Ioni	Potențialul V	Metalul	Ioni	Potențialul V
Aur	Au^{3+}	+ 1,5	Cobalt . . .	Co^{2+}	−0,29
Mercur . . .	Hg^{2+}	+0,86	Cadmiu . .	Cd^{2+}	−0,40
Argint . . .	Ag^{2+}	+0,80	Fier	Fe^{2+}	−0,44
Cupru . . .	Cu^{2+}	+0,51	Crom . . .	Cr^{2+}	−0,56
Cupru . . .	Cu^{3+}	+0,34	Zinc	Zn^{2+}	−0,76
Bismut . . .	Bi^{3+}	+0,23	Mangan . .	Mn^{2+}	−1,10
Hidrogen . .	$2H^{2+}$	−0,00	Aluminiu . .	Al^{3+}	−1,34
Plumb . . .	Pb^{2+}	−0,13	Magneziu .	Mg^{2+}	−1,55
Staniu . . .	Sn^{2+}	−0,14	Sodiu. . . .	Na^{+}	−2,71
Nichel . . .	Ni^{2+}	−0,22	Potasiu . .	K^{+}	−2,92
			Litiu	Li^{+}	−2,96

Observație. Se obișnuește a se spune că un metal e mai „nobil" decât altul, dacă se găsește în tabelă înaintea acestuia; de ex. cuprul este mai „nobil" decât aluminiul.

La cupru și zinc, valorile ar fi :

Concentrația	N=	1	1/10	1/100	1/1000	1/10000
Potențialul .	Cu^{2+}	+ 0,34	+ 0,31	+ 0,28	+ 0,25	+ 0,22
Potențialul .	Zn^{2+}	− 0,76	− 0,79	− 0,82	− 0,84	− 0,88

Potențialul hidrogenului e de importanță specială. Valoarea lui variază cu presiunea la care se face saturarea cu hidrogen a electrodului de platină platinată. Tabela 2 arată valorile pentru diferite presiuni și diferite concentrații în ioni de hidrogeni. Concentrația normală se poate obține preparând o soluție de acid clorhidric de concentrație 1,3 N. Concentrația milinormală de ioni de hidrogen se stabilește într'o soluție milinormală de HCl. Apa neutră are o concentrație de $c = 10^{-7}$ N ioni de hidrogen iar la o soluție normală de hidrat de sodiu, concentrația este egală cu $c = 10^{-14}$ N.

Tabela 2

Potențialul hidrogenului la 25°C.

Concentrația în ioni de hidrogen a soluției	Potențialul (în volți) la o presiune de saturație a platinei de			
	$\frac{1}{10\,000}$	$\frac{1}{100}$	1	100
	atmosfere (760 mm col. mercur)			
N (1,3 N HCl) .	+ 0,118	+ 0,059	+ 0,000	− 0,059
$10^{-3}\left(\frac{N}{1000}\right)$ H Cl	− 0,059	− 0,118	− 0,177	− 0,236
10^{-7}N (apă neutră)	− 0,296	− 0,354	− 0,413	− 0,472
10^{-14}N (N NaOH)	− 0,705	− 0,764	− 0,823	− 0,882

Dacă asupra electrozilor din platină platinată, cufundați într'o soluție cu concentrație normală în ioni de hidrogen (acid clorhidric 1,3 ori normal), aplicăm o tensiune din ce în ce mai mare, atunci la catod se adună hidrogen și acest electrod devine saturat cu hidrogen, când potențialul său e coborît la valoarea egală cu zero, presupunând că lucrarea se execută la presiunea atmosferică. Dacă potențialul dela suprafața catodului e coborît mai departe, platina devine suprasaturată și începe degajarea hidrogenului în formă de bule. La un catod de platină platinată, această degajare de hidrogen începe imediat ce potențialul e coborît cu foarte puțin sub valoarea zero. Față de aceasta, la un catod dintr'un metal oarecare, potențialul trebue coborît considerabil sub valoarea de echilibru pentru a obține bule de hidrogen.

Fenomenul este similar celui ce se observă la fierberea apei care nu începe decât atunci când temperatura trece de punctul de fierbere. Diferența de potențial față de valoarea de echilibru necesară pentru a obține degajarea hidrogenului, se numește suprapotențial. Acesta depinde de calitatea suprafeței, fiind mai mic în cazul când suprafața e neuniformă și mai mare la suprafață netedă.

Și în această privință se poate invoca analogia cu fierberea apei : apa dintr'un vas cu suprafața interioară rugoasă cere o supratemperatură mai mică pentru fierbere decât apa dintr'un vas neted. Suprapotențialul e cu atât mai mic, cu cât temperatura e mai înaltă. Tabela 3 arată valori de orientare pentru suprapotențialul diferitelor metale.

Tabela 3

Suprapotențialul necesar pentru degajare de hidrogen în soluții acide

Platină platinată	0,005 volți
Platină lucie	0,09 „
Aur	0,02 „
Argint	0,15 „
Nichel	0,21 „
Cupru	0,23 „
Cadmiu	0,48 „
Staniu	0,53 „
Plumb	0,64 „
Zinc	0,70 „
Mercur	0,78 „

13. Pe baza celor expuse putem trece la descrierea sumară a coroziunei electrochimice. Considerăm în acest scop o piesă de metal introdusă într'un lichid. Dacă metalul e absolut uniform atât din punct de vedere chimic, cât și din punct de vedere fizic, potențialul dintre metal și lichid va fi același în toate punctele și nu se va produce curent electric, deci nici coroziune electrochimică. Dacă însă metalul nu e uniform ci are caracteristici chimice sau fizice variabile dela un loc la altul, atunci în momentul scufundării lui în lichid nu va exista echilibru. Potențialul din diferite puncte fiind diferit, va trece în primul moment un curent între aceste puncte. In anumite locuri, cele anodice, metalul va trece în stare ionică; spre alte locuri, cele catodice, vor trece ioni de hidrogen dacă soluția nu conține un alt metal. Astfel, la catod se va acumula hidrogen elementar care va avea drept urmare că potențialul catodului va deveni mai negativ și, astfel, se va apropia de potențialul anodului. Dacă acumularea hidrogenului continuă până ce potențialele regiuniilor catodice devin egale cu potențialele regiunilor anodice se va stabili un echilibru și în acest caz nu se va produce vreo coroziune electrochimică.

14. Două împrejurări pot însă împiedica stabilirea echilibrului. Inainte ca potențialul regiunilor anodice să fi devenit egal cu potențialul regiunilor catodice, aceste din urmă pot deveni suprasaturate cu hidrogen și atunci gazul începe să se degajeze în formă de bule. In acest caz, coroziunea metalului continuă fără încetare, în raport cu degajarea hidrogenului la catod. In acest caz se vorbește despre coroziune însoțită de degajare de hidrogen.

Dacă degajarea hidrogenului nu e posibilă, se poate totuși îndepărta hidrogenul din regiunea catodică, dacă soluția conține oxigen sau un agent oxidant. In acest caz va continua coroziunea metalului în regiunea anodică, însă coroziunea va fi limitată de iuțeala de difuziune

a oxigenului disolvat sau a agentului oxidant, prin stratul de lichid din apropirea metalului. Aceasta este coroziunea însoțită de difuziunea oxigenului.

15. Condiția de a obține coroziune cu degajare de hidrogen se poate formula după cum urmează :

Dacă suprapotențialul regiunilor catodice e nejabil, condiție împlinită de platina platinată, atunci condiția degajării de hidrogen este :

$$V_H - V_M > 0$$

unde V_H e potențialul de echilibru al hidrognului la presiunea atmosferică față de soluția de concentrație dată de ioni de hidrogeni, iar V_M e potențialul metalului dela anod față de soluția, care e în contact cu metalul, având o anumită concentrație. Dacă electrolitul e apă neutră, atunci $V_H = -0{,}406$ volți. Pentru al doilea electrod de zinc și o concentrație normală în ioni de zinc a soluției ar fi $V_M = -0{,}76$. In acest caz $V_H - V_M = +0{,}354$ volți, va avea deci loc degajarea de hidrogen și coroziune.

In cazul că, în loc de platină platinată, catodul este format dintr'un metal oarecare, atunci trebuie să luăm în considerare suprapotențialul. Hidrogenul se va degaja numai dacă e împlinită condiția :

$$V_H - v - V_M > 0$$

unde v e suprapotențialul. Astfel, la temperatura obișnuită, metale ca plumbul, staniul și nichelul care în seria potențialelor sunt aproape de hidrogen produc greu degajarea de hidrogen, ceeace se întâmplă totuși dacă soluția e încălzită, și astfel, suprapotențialul e micșorat. Nici chiar zincul pur nu face să se degajeze hidrogen din acizi deși acest metal e dintre cele mai reactive dela capătul seriei de potențiale. Dacă însă zincul conține drept impurități metale dinaintea lui (Cu, Sn, etc.) atunci hidrogenul se degajează ușor.

Din cele de mai sus, reiese că degajarea hidrogenului e favorizată dacă : *a*) metalul e reactiv, găsindu-se la capătul negativ al seriei de potențiale ; *b*) soluția e bogată în ioni de hidrogen adică e acidă ; *c*) metalul conține impurități având un suprapotențial mic.

16. Metale ca fierul, nichelul, cadmiul și plumbul care nu pot produce o degajare de hidrogen dintr'o soluție neutră, sunt totuși corodate dacă soluția (de exemplu clorură de sodiu) conține oxigen. Același lucru se constată și la cupru.

In prima aproximație se poate spune că alura coroziunii depinde de iuțeala de difuzie a oxigenului prin stratul din imediata apropiere a metalului. O influență mai mică o are conductibilitatea electrică a soluției.

Iuțeala de difuzie a oxigenului depinde de diferența dintre concentrația din interiorul soluției și concentrația în imediata apropiere a suprafeței metalului. La metale reactive cum e zincul, rezultă o concentrație mare de hidrogen la catod ; din această cauză, concentrația de oxigen în acest loc e mică. Rezultă deci o iuțeală de difuzie mare. Față de aceasta la un metal mai nobil, acumularea de hidrogen la catod e mică ; oxigenul va fi consumat în măsură mică, ceeace duce la o concentrație de oxigen care e mai mare decât în cazul unui metal reactiv. Urmează deci că spre un metal nobil oxigenul difuzează mai încet decât spre un metal mai puțin nobil.

După cum se vede din cele de mai sus, prezența oxigenului e necesară numai în regiunea catodică ; în cea anodică, oxigenul nu e necesar și dacă e prezent, împiedică reacțiunea. De aci se poate trage concluzia că vor deveni anodice regiunile greu accesibile pentru oxigen, regiuni care se pot deci considera ca fiind slab aerisite. De fapt, s'au observat coroziuni în fundul unor adâncituri sau în locuri acoperite cu substanțe poroase.

Coroziunea electrochimică a unui metal scufundat într'o soluție conținând clorură de sodiu produce clorura metalului la locurile anodice, iar la catozi se va acumula hidrogen din care cauză, în aceste locuri, soluția devine alcalină (NaOH). Acesta difuzează spre anod, iar de acolo pornește difuzia clorurei de metal ; acolo unde cei doi curenți de difuzie se întâlnesc, se formează și se precipită hidroxidul metalului.

Dacă însă metalul e introdus într'o soluție conținând un anion care formează cu metalul respectiv o sare insolubilă, atunci produsul primar dela anod va fi insolubil ; în anumite împrejurări, acest produs se va depune pe locurile în regiunile anodice astfel că, coroziunea încetează. Cel mai tipic exemplu pentru acest caz e plumbul scufundat în apă bogată în carbonați.

Un strat protector poate rezulta și în alt mod. Așa de exemplu dacă se formează o celulă electrolitică cu un anod de fier și o soluție de sulfat de sodiu, atunci, la o densitate mică de curent, se va forma sulfat de fier solubil. Există însă posibilitatea ca la anod să apară în locul ionilor (SO_2^{--}), ioni $(OH)^-$. Dacă densitatea curentului e mult mărită, se produce un strat invizibil de oxid care face ca fierul să devină pasiv ; acest strat întârzie disolvarea fierului la anod, Efectul e și mai evident dacă anodul este de aluminiu. In acest caz se formează un strat poros de oxid având oxigen în stare gazoasă, oclus în pori ; acesta împiedică trecerea curentului în sensul care corespunde funcționării aluminiului ca anod. Efectul de redresare nu se manifestă dacă soluția conține cloruri care distrug stratul amintit.

Dacă în loc de a avea celulă racordată la o sursă exterioară de curent, o piesă de metal este scufundată într'o soluție, se produc fenomene asemănătoare celor descrise. Așa de exemplu fierul se poate face pasiv creând condițiuni care ar favoriza stabilirea unei densități mari de curent în locurile anodice. In felul acesta funcționează cromatul de potasiu care e un depolarizant puternic în sensul că îndepărtează repede hidrogenul din locurile catodice.

17. La coroziunea metalelor „în aparență uscate" expuse aerului, are importanță și conductibilitatea electrică. Dacă metalul este în adevăr uscat, atunci la temperatura obișnuită nu se va produce coroziunea. Dacă însă există un strat invizibil de apă aderentă, atunci coroziunea va avea loc. Cu cât stratul aderent de apă e mai subțire, cu atât mai mare e rezistența electrică deci cu atât mai încet se va produce coroziunea. Dacă stratul nu constă din apă pură ci conține gaze disolvate ca bioxid de sulf sau acid clorhidric, atunci conductibilitatea electrică a stratului crește și coroziunea e accelerată. Același efect îl are și un produs de coroziune poros și higroscopic care absoarbe apa din atmosferă.

18. La temperaturi înalte se produce o oxidare directă a metalelor expuse aerului, chiar în lipsă de apă. Dacă însă stratul de oxid se îngroașă, oxidarea se încetinește și în cele din urmă încetează aproape complect. Grosimea atinsă depinde de temperatură. La 290°C se formează pe oțel un strat care stinge razele galbene, rezultând o coloare albastră. La 210°, stratul e mai subțire și, lipsind razele albastre, coloarea devine galbenă. La 200°C, nu se mai produce nicio interferență.

C) INSUȘIRILE METALELOR ȘI ALIAJELOR ȘI COMPORTAREA LOR IN CENTRALELE TERMOELECTRICE CU ABUR

a) Lingourile de oțel

19. Comportarea oțelului față de acțiunile mecanice și chimice la care sunt supuse piesele confecționate din el depinde de felul de elaborare în oțelărie și anume în mare măsură de felul desoxidării înainte de turnare în formă de lingouri. Desoxidarea se face printr'un adaus de feromangan sau ferosiliciu. In primul caz o mare parte a oxigenului se elimină sub baia lichidă : aceasta este agitată și, de aceea, oțelul obținut se numește neca'mat. La desoxidare cu ferosiliciu, oxigenul e legat de siliciu formându-se sgură care se ridică la suprafața băii lichide fără ca aceasta să fie agitată ; de-aceea, oțelul astfel desoxidat se numește calmat.

Un lingou de oțel necalmat este caracterizat printr'o coajă exterioară în care metalul e relativ pur : față de aceasta miezul conține majoritatea impurităților în special sulf și fosfor.

Oțelul calmat are o structură mai uniformă decât cel necalmat.

La desoxidarea obișnuită, rămâne în oțel o cantitate oarecare de oxigen care e în stare de soluție solidă, având influență rea asupra însușirilor oțelului. De aceea, la oțelul destinat pentru cilindrii căldărilor și pentru tuburi de căldare se aplică de unele oțelării desoxidarea prin aluminiu care e mai eficace decât metodele obișnuite.

O serie de defecte ale oțelului provin dela turnarea lui în lingotiere.

Primul neajuns provine dela contracțiunea oțelului la răcire și solidificare. Din cauza micșorării volumului, nivelul oțelului lichid din lingotieră scade din ce în ce în interiorul părții exterioare solidificată care devine din ce în ce mai groasă. Rezultă astfel la capul superior al lingoului o pâlnie goală care e închisă printr'un acoperiș subțire din oțel solidificat imediat după turnare. Golul ce rezultă se numește *retasură.*

La solidificarea oțelului în lingotieră se produce o cristalizare care pornește dela pereții laterali și dela fund spre interior. Materialul cristalizat la început este relativ pur și împinge înaintea lui impuritățile care se concentrează din ce în ce mai mult în oțelul rămas lichid. Cea mai mare parte a impurităților se acumulează în partea superioară din jurul retasurii lingoului, unde se termină solidificarea. Nu numai impuritățile, anume sulful și fosforul, ci și alte componente (carbon, mangan, siliciu etc.) disolvate în oțelul lichid se concentrează spre partea din mijloc și de sus a lingoului. Acest fenomen se numește *segregare.* Din cauza segregării, oțelul din mijlocul lingoului și în special din partea de sus, este de calitate inferioară.

Pentru a elimina partea cu retasură și cu segregația cea mai pronunțată, materialul din capul lingoului trebue îndepărtat.

O altă cauză de defecte ale lingourilor de oțel provine dela golurile rămase în urma bulelor de gaze care s'au degajat în cursul solidificării, mai ales CO, H_2 și N_2. Dacă suprafețele interioare ale acestor goluri nu sunt oxidate, atunci ele se închid și se sudează cu ocazia laminării sau forjării, presupunând că temperatura e destul de înaltă și compresiunea specifică realizată la prelucrare e destul de mare. In caz contrar nu se produce sudarea metalului. Golurile se mențin și în cazul când oțelul nu e bine desoxidat. In cursul laminării, golurile se întind pe suprafețe mari în interiorul tablei laminate, producându-se o stratificație. Dacă golurile cu gaze sunt aproape de suprafața lingoului, atunci la prelucrare ele se deschid și se umplu cu sgură. Cuiburile de sgură astfel rezultate devin locuri cu vârfuri de tensiune sau focare de coroziune.

In interiorul lingourilor de oțel sunt totdeauna inclusiuni nemetalice de oxizi, sulfuri și silicați care s'au format în interiorul oțelului în cursul elaborării și nu s'au putut ridica la suprafața băii liehide. In oțel pot intra și părți din sgura introdusă în scopul elaborării sau material refractar depe pereții cuptorului.

După turnarea în lingotieră, partea de jos a lingoului se solidifică și se răcește mai repede decât partea de sus. Din cauza contracției, partea de jos se desprinde de pereții lingotierei și rămâne suspendată de partea de sus care este ținută în poziție prin frecarea transmisă dela pereții lingotierei. Din eauza tracțiunei se produc crăpături transversale.

20. Este important ca defectele dela suprafața lingourilor ca : cuiburi de sgură, crăpături, adâncituri să fie eliminate prin tăierea cu dalta, înainte ca lingoul să fie supus laminării sau forjării.

După laminare sau forjare, materialul prezintă diferite neajunsuri. Astfel în partea de mijloc a tablelor groase uneori nu pătrunde în măsură suficientă deformarea plastică; în aeest eaz, grăuntele din această zonă crește peste măsură ceeace influențează în rău însușirile plastice ale oțelului. Dacă laminarea se termină la temperatură prea joasă, rămân tensiuni interioare reziduale. Acestea sunt mai ales mari dacă tablele sunt îndreptate la rece. Uniformizarea structurii și eliminarea tensiunii interioare se obține prin recoacere.

La tuburi laminate, defectele nu se pot descoperi decât foarte greu. Deaceea este necesar ca la lingourile pentru tuburi să se elimine cu îngrijire partea de retasură și cu segregație pronunțată; afară de aceea, suprafața acestor lingouri trebuie curățită cu dalta în așa fel ca să dispară orice neregularitate.

21. Sortimentele de oțel folosite pentru table de căldare au rezistență la rupere cuprinsă între următoarele limite :

I	II	III	IV
35—44	41—50	44—53	47—56

Sortimentul de rezistență mare s'a introdus pentru a face posibilă construirea cilindrilor pentru căldări de presiune înaltă. Cilindrii din astfel de oțeluri trebue să fie scutiți de contactul cu gazele de ardere.

Rezistența la rupere a oțelului este numai una dintre caracteristicele care stau la baza alegerii lui. Alte caracteristici sunt : limita de curgere și rezistența vâscoasă care au fost amintite. Afară de aceasta, o însușire importantă a oțelului este așa numita „învechire".

22. Prin învechire se înțelege micșorarea gradului de plasticitate, adică pierderea unei părți din deformabilitatea plastică care se produce dacă oțelul e deformat la rece sau la temperaturi până la cca 250°C. Oțelul se apropie de materialele casante. Fenomenul se datorește unor separări submicroscopice ale oxigenului care se produce cu atât mai pronunțat cu cât oțelul e mai slab desoxidat. Același fenomen se observă și în cazul când oțelul conține azot. Oțelul desoxidat cu aluminiu înclină relativ mai puțin spre învechire.

Deformarea la rece se produce la nituit și, deaceea, învechirea se observă mai ales la materialul dela cusăturile cu nituri.

Invechirea duce la ruperea oțelului prin obosire. In urma solicitărilor repetate ce intervin datorită variațiilor în starea de funcționare a unei căldări cum sunt : porniri, mers în sarcină variabilă, opriri în cursul cărora se produc variațiuni de temperatură, deci dilatări și contractări, în oțelurile învechite se produc fisuri care apoi duc la formarea de crăpături lungi sau la o rupere prin obosire.

La cilindri sudați, electrozii de sudură trebuiesc astfel aleși ca metalul depus să nu aibă însușiri care să ducă la învechire. Aceasta se poate constata în mod expeditiv prin determinarea rezilienței.

D) DERANJAMENTE DATORITE METALELOR DIN CONSTRUCȚIA GENERATORILOR DE ABUR ȘI TURBINELOR CU ABUR ȘI A INSTALAȚIILOR ANEXE. INFLUENȚA APEI DE ALIMENTARE

23. Apa de alimentare este una dintre cauzele frecvente care duce la deranjamente. Piatra și nămolul depuse din apă și uleiul din apă formează straturi cu conductibilitatea termică slabă și prin aceasta îngreuiază trecerea căldurii dela gazele de ardere la apă. Datorită conținutului de săruri și gaze apa devine un electrolit și ca atare face posibilă coroziunea electrochimică. In cazul unei concentrații mari în materie bazică, apa produce așa numita coroziune caustică. Materiile organice prezente sub formă de suspensiune duc la spumegarea apei și la scuipare. Coroziunea, asociată cu solicitările repetate datorită variațiilor în regimul de funcționare, duce la accelerarea obosirii metalului prin formarea de fisuri, apoi rupturi. Vom examina pe scurt influențele înșirate mai sus.

a) Formarea de piatră

24. Stratul de piatră sau nămol produce nu numai pierderi de căldură ci poate duce și la deranjamente dintre cele mai grave, la căldări. Înșirăm următoarele exemple :

Filtrul din instalația de epurarea apei nu funcționează bine și, astfel, nămolul format în reacțiile chimice din epurator trece în căldare și ajunge în legătura dintre indicatorul de nivel și spațiul de abur, rămânând liberă numai comunicarea cu spațiul de apă. In acest caz, indicatorul de nivel arată un nivel mai ridicat, decât cel real, ceeace poate induce în eroare fochistul și poate avea consecințe grave din cauza lipsei de apă.

Nămolul poate obtura și organul de purjare a căldării. In acest caz, concentrația apei în săruri crește și devine cauza unei spumegări. Prin aceasta trece apă în supraîncălzitor și conducta de abur și produce neetanșeități la capace, depuneri în supraîncălzitor și creșterea temperaturii în pereții acestuia și, afară de aceasta, lovituri de berbec în conducte.

Piatra se depune îndeosebi în locurile încălzite direct de gazele de ardere. Aci se formează bule de vapori care se măresc până la o anumită limită și se degajă lăsând în urmă o soluție locală suprasaturată. Din aceasta se depune materia solidă sub formă de nămol sau piatră cristalină. Cristalele acesteia din urmă cresc în soluția mereu suprasaturată și duc la formarea unui strat aderent de piatră.

Dintre sărurile cuprinse în apă, mai ales sulfații și silicații sunt aceia cărora li se datorește formarea pietrei. Precipitarea acestor substanțe este ușurată și prin faptul că solubilitatea lor e cu atât mai mică, cu cât temperatura e mai înaltă, contrar celor ce se întâmplă la carbonatul de calciu și fosfatul de calciu care sunt cu atât mai solubile cu cât temperatura e mai înaltă.

Carbonații nu contribue în măsură esențială la formarea pietrei fiindcă ei se precipită

în preîncălzitorul de apă și în părțile căldării atinse de gaze mai puțin calde.

Piatra formată din gips are o conductibilitate de căldură mică, între 1 și 3 kcal/m h°C, iar la pietre cu 3,5 până la 15,6% SiO_2, conductibilitatea e de numai 0,7—0,8 kcal/m h°C. Un strat de piatră care conține silicați prezintă un pericol pentru exploatare. Țevile se încălzesc în unele locuri până la incandescență, limita de curgere a oțelului scade și, astfel, tubul se umflă în locurile respective, apoi dacă temperatura crește mai departe, tubul plesnește.

Grosimea admisibilă pentru piatră depinde de compoziția acesteia și de sarcina calorică a suprafeței respective. Câteva cifre de orientare sunt redate în tabela 4 :

Tabela 4

Felul pietrei	Presiunea at.	Temperatura oțelului (limita admisă °C)	Conductib. căldură kcal/mh°C λ	Sarcină calorică kcal/m²h	Grosime admis. mm.
Piatră cu silicați	12	550	0,75	150 000	1,5
	100	—	—	300 000	0,4
Gips.	12	550	2	350 000	4
	100	—	—	100 000	1

Din aceste cifre reiese pericolul pe care îl comportă prezența bioxidului de siliciu în apă. Este important să se obțină ca silicații să se precipite sub formă de nămol și în privința aceasta un adaus de fosfat este mijlocul cel mai eficace. Se pare că fosfatul joacă rolul unei materii intercristaline care separă cristalele de silicat de calciu și, astfel, împiedică formarea unor cristale mari. Rezultă astfel un precipitat care are caracterul unui nămol.

Centralele la care căldările sunt alimentate cu apă de râu trebue să țină seama de variația conținutului în bioxid de siliciu care poate deveni mare la ape mari. Pentru a avea o informație bună despre compoziția pietrei, se recomandă ca aceasta să fie analizată din timp în timp.

b) Uleiu în apa de alimentare

25. In apa de alimentare, uleiul ajunge din mașinile cu piston ai căror cilindrii sunt lubrificați cu ulei. Conductibilitatea termică a uleiului e de numai 0,1 adică, a 20-a parte din conductibilitatea pietrii de căldare obișnuită. Astfel un strat de ulei de 0,1 mm grosime corespunde unui strat de piatră de 2 mm.

O parte a uleiului se amestecă cu materiile care se precipită în căldare în urma reacțiilor întârziate. Uleiul formează cu aceste materii granule sferice; acestea nu produc deranjamente dacă diametrul lor nu e prea mare (3 — 10 mm). Sfere mari obturează trecerea apei prin conducte.

c) Bioxid de carbon și oxigen în apă

26. Unul dintre parametrii importanți care determină posibilitatea și măsura coroziunii electrochimice este gradul de disociere a apei, adică concentrația acesteia în ioni liber de hidrogen. Apa neutră conține un număr de astfel de ioni care este 10^{-7} ori concentrația normală. Se spune că în acest caz, apa are o cifră pH egală cu 7. Apa acidulată conține mai mulți, iar apa alcalină mai puțini ioni liberi de hidrogen decât această limită. Gradul de ionizare crește cu temperatura.

27. La fierul în contact cu apă neutră se stabilesc curenți locali între locuri de compoziție diferită sau structură diferită, grad diferit de întărire produsă în urma deformațiilor plastice, sau de diferit grad de aerisire. In regiunile anodice, fierul se disolvă și concentrația în fier dela suprafața anodului crește ceeace produce un curent de difuzie. La catod se adună hidrogen și dacă apa conține oxigen disolvat, acesta se combină cu hidrogenul. Prin aceasta și prin difuziune se menține o diferență de potențial între catod și anod și, astfel, disolvarea fierului continuă. Influența oxigenului disolvat asupra coroziunei e cu atât mai pronunțată cu cât temperatura deci și presiunea în căldare e mai înaltă. Experiența a arătat că peste 20 at este necesar ca oxigenul să fie complet eliminat din apă, ceeace se obține prin degazare.

Cercetările făcute în această privință au dus la următoarele concluzii :

a) Pentru realizarea unei protecții bune față de ruginire a suprafețelor metalice curate, ca cele care se obțin în cazul aplicării epurării prin schimb de ioni, este necesar ca la valori $pH < 9$ apa să fie complet degazată.

b) La conținut de oxigen mic, până la 0,5 mg/l s'a găsit, în conformitate cu observațiunile făcute în exploatare, că protecția e asigurată începând cu o cifră $pH = 9,8$ presupunând că prin peretele metalic nu trece căldură.

c) Pentru conținuturi în oxigen de cca. 1 mg/l și suprafețe prin care trece căldură, nu este nevoie de protecție, decât în cazul când $pH > 12,4$. Această concentrație de ioni liberi de hidrogen corespunde însă unui conținut în hidrat de sodiu de 780 mg/l și deaceea, o astfel de protecție nu este posibilă decât în cilindri de căldare conținând apă concentrată în săruri; în preîncălzitoare de apă din oțel și în conducte, țevi cu apă în mișcare, condiția de mai sus nu e realizată. Atacarea ferului e cu atât mai intens cu cât fluxul de căldură ce trece prin suprafață e mai pronunțat.

d) Dacă $pH < 9,5$, coroziunea este cu atât mai intensă cu cât iuțeala apei e mai mare. La $pH > 9,5$, din contră, atacul e mai pronunțat dacă iuțeala devine mai mică.

Stratul de piatră depus protejează oțelul contra coroziunei. Astfel, în caz de epurare îngrijită a apei, suprafețele metalice curate sunt în pericol mai mare decât suprafețele acoperite de piatră.

In una din centralele noastre electrice, un supraîncălzitor de apă cu țevi netede a fost distrus în decurs de 10 ani, prin coroziune.

Apa de adaus luată din râu n'a fost epurată şi cantitatea ei a fost relativ mare, deoarece cam jumătate din puterea instalaţiei a fost reprezentată de maşini cu piston — având condensaţie cu injectoare.

28. Bioxidul de carbon singur nu e prea periculos din punct de vedere al coroziunii. Cu fier, bioxidul de carbon formează bicarbonat : $Fe(HCO_3)_2$; însă în absenţa oxigenului depune rugină.

La presiuni mici şi mijlocii şi o circulaţie normală în căldare, nu s'au înregistrat cazuri de coroziune datorite bioxidului de carbon singur. La încercări cu o căldare de 100 at. s'a constatat însă că în urma unui adaus de sodă la condensat s'a produs o degajare de gaze, în mare parte CO_2 şi H_2, iar pe ţevile fierbătoare s'a găsit o depunere de bicarbonat feros. Reacţiunile sunt următoarele :

1. $Na_2CO_3 + H_2O = 2\,NaOH + CO_2$
2. $Fe + CO_2 + 2\,H_2O = Fe(HCO_3)_2 + H_2$.

Din rezultatul acestor încercări urmează ca în căldări de presiune mare să se aibă grijă ca apa de alimentare să nu conţină sodă nici bicarbonaţi.

Coroziune puternică rezultă dacă apa de alimentare conţine cloruri. Dintre acestea e periculoasă mai ales clorura de magneziu.

29. Coroziuni pot rezulta şi în cazul când aburul ia cu sine acizi organici corozivi care rezultă de exemplu la disocierea zahărului în fabricile de zahăr.

30. Dacă concentraţia în hidrat de sodiu a apei de cazan e mare, atunci se produce aşa numita coroziune caustică. Concentraţia poate creşte local sub capul niturilor, în fisuri sau în locuri unde se produce o evaporare. Soluţia concentrată în hidrat de sodiu nu atacă oţelul în mod uniform ci intră dealungul straturilor intergranulare pe care le disolvă întâi. Astfel, grăunţii oţelului se detaşează unul după altul.

Coroziunea caustică se asociază cu obosirea şi accelerează ruptura prin obosire. In adevăr, soluţia intrată între nituri şi table şi în fisuri se concentrează şi intrând dealungul straturilor intergranulare produce „crestături" noi la fundul cărora se stabileşte un câmp triaxial de tensiuni. Tensiunea cea mai mare învinge coeziunea şi astfel produce o întindere a fisurii.

In urma unor deranjamente grave cauzate de coroziunea caustică s'a ajuns la următoarea concluzie :

a) Apa prea alcalină prezintă un pericol pentru o căldare ;

b) apa alcalină intră între nituri şi table, mai ales dacă nituirea e defectuoasă în sensul că s'a lăsat un gol între nit şi tablă. ;

c) pentru protejarea căldării se recomandă un adaus de sulfat de sodiu ;

d) fosfatul nu reprezintă vreo protecţie ci din contră, măreşte pericolul coroziunii caustice ;

e) pentru presiuni peste 30 at se recomandă evitarea nituirii şi înlocuirea prin sudură.

Coroziunea caustică s'a observat şi la răcitoare de abur supraîncălzit. Aceste răcitoare sunt introduse în spaţiul de apă din cilindrul căldării şi în caz de coroziune exterioară pornită din spaţiul de apă, tubul se găureşte şi apa de căldare intră în interiorul răcitorului, adică în spaţiul cu abur supraîncălzit. Apa intrată se evaporează şi devine la locul intrării din ce în ce mai concentrată în hidrat de sodiu. In aceste condiţiuni începe a se produce o coroziune caustică.

31. O coroziune importantă se produce în interiorul căldărilor scoase din funcţie şi rămase umplute cu apă. Apa absoarbe mereu oxigen din aer şi întreţine astfel coroziunea. O protecţie poate fi asigurată :

a) printr'o alcalinitate potrivită a apei ;

b) prin trecere de aer uscat ;

c) prin umplerea cu amoniac în stare gazoasă.

32. In supraîncălzitoare umplute cu apă pe timpul pornirii, coroziunea se poate produce în urma disocierii apei.

$$3\,Fe + 4\,H_2O = Fe_3O_4 + 4\,H_2$$

Reacţiunea are loc începând dela temperatura de 300°C.

Un remediu este de a evita umplerea cu apă a supraîncălzitorului pentru timpul încălzirii şi a răci supraîncălzitorul prin abur care trece prin supraîncălzitor. Dacă supraîncălzitorul se umple totuşi cu apă, aceasta trebuie evacuată înainte ca partea superioară în care se adună aburul să se încălzească la peste 350°C.

Acest fel de coroziune se produce şi la ţevi fierbătoare.

Coroziunea poate distruge părţile interioare, mai ales paletele unei turbini cu abur, dacă după oprire, intră abur care apoi se condensează. Fiind prezent şi aerul coroziunea progresează repede.

33. Un caz important şi totodată interesant de coroziune se întâlneşte la ţevile condensatoarelor. Acestea sunt de alamă de tipul α (cca. 70% *Cu* 30% Zn) sau de tipul $\alpha + \beta$ (Cu $< 65\%$, Zn $> 35\%$). Coroziunea se produce în două feluri.

a) Prin curenţi locali datorită diferenţelor de potenţial între diferite părţi ale tuburilor ;

b) prin curenţi din exterior ;

La alama α, potenţialul grăunţelor cristaline diferă de potenţialul straturilor intercristaline. Acestea din urmă devin anodice şi sunt atacate prin coroziune ; rezultatul este că zincul din aceste straturi trece în soluţie. O altă cauză a diferenţei de potenţial poate fi deformaţia plastică. La alama $\alpha + \beta$ există şi între cei doi constituenţi cristalini diferenţe de potenţial. Insă coroziunea este determinată nu numai de diferenţe între constituenţii aliajului, de natura policristalină a aliajului sau de diferenţa în ce priveşte deformaţia plastică, ci şi de o serie de alte împrejurări şi până azi nu s'a făcut lumină perfectă în această problemă.

Tuburile de condensator sunt ameninţate şi de curenţi exteriori care pot proveni dela

excitatoarea alternatorului sau de curenți vagabonzi (de tramvai).

d) Spumegarea și scuiparea

34. Prin spumegare se înțelege însușirea apei de căldare de a umple spațiul de abur cu o masă de spumă, din care o parte e dusă mereu în abur ca o impuritate umedă. Consecința e variația temperaturei de supraîncălzire, depuneri în supraîncălzitor și oxidarea acestuia; pe flanșe și supape apar cristale, iar pe paletele turbinelor se depun deasemenea săruri. In cele mai multe cazuri și nivelul apei devine neliniștit, sticla de nivel pierde din transparență și astfel, nivelul apei se poate constata numai cu greu. In organele de închidere ale căldării se formează depozite care fac imposibilă o închidere etanșă. Săruri depuse în supapa de admisie a unei turbine cu abur pot produce ambalarea acesteia și stricăciuni mari, (cum este cazul întâmplat recent la una din centralele din țară).

Scuiparea este un fenomen transitoriu care este urmarea unei fierberi întârziate și se manifestă printr'un șoc de evaporare care ridică în sus întreaga masă de apă. Temperatura aburului scade în mod brusc la temperatura de saturație și cantități mari de apă sunt antrenate de abur. Capacele supraîncălzitorului încep să picure, flanșele conductelor de abur își pierd etanșeitatea și se pot produce lovituri de berbec cu urmări distrugătoare pentru conducte și organe de închidere. Astfel de lovituri constituie un pericol mare pentru mașinile racordate la conducte, mai ales pentru presetupele și organele de reglare ale acestora; mașinile pot suferi defecte grave și în urma variației bruște de temperatură; separataoarele de apă ale mașinilor rămân în asemenea cazuri fără efect.

Pentru a înțelege aceste fenomene trebue să se țină seamă de faptul că aburul format dintr'o soluție de sare trebuie să conțină totdeuna și sare, și că trebuie măsurată și presiunea de saturație a sării respective la temperatura de vaporizare. Cu cât presiunea din căldare, deci și temperatura de vaporizare e mai înaltă, cu atât mai mare e presiunea de saturație a sării deci și presiunea ei parțială; și deci cu atât mai mare va fi conținutul de sare al aburului. Această sare produsă prin vaporizare trebuie deosebită de sarea antrenată pe cale mecanică de abur.

Conținutul de apă a aburului depinde de conținutul în săruri a apei de căldare. Intr'un anumit caz s'a găsit următoarea corelație:

Conținutul de săruri al apei de căldare mg/l	5,2	5,5	6,5	8
Conținutul de apă al aburului %	0	1	2	3

Limită extremă la care se poate aștepta încă o funcționare fără spumegare este o densitate de cca 2 Bé a apei. Dacă la densități mici se produce spumegare, atunci cauza trebuie căutată în materii suspendate în apă și în substanțe organice: noroi de căldare produs din cauza unei epurări insuficiente a apei; praf, de exemplu praf de lignit provenit din aburul format la uscarea lignitului și materiei grase care sunt saponificate în căldare.

Materiile în suspensie produc spumegarea mai ales atunci când apa conține săruri de sodiu sau ulei. Materii organice care promovează spumegarea pot proveni și dela filtrele de rumeguș dacă acestea nu sunt tratate în mod corespunzător. Din această cauză, astfel de filtre nu se recomandă.

O influență mare asupra spumegării o are și construcția căldării. Trebuie de exemplu evitată iuțeala mare a aburului la intrarea în conducta de plecare. Abur curat se poate obține prin metoda vaporizării treptate aplicată în U.R.S.S.

e) Influența circulației apei

35. La căldări cu circulația naturală a apei, se întâmplă că această circulație devine anormală, consecința fiind că în unele țevi fierbătoare se formează bule de abur care se mișcă foarte încet sau chiar stagnează. In acest caz coeficientul de transmitere a căldurii pe partea abur scade dela câteva mii la câteva zeci de kcal/m² *h*°C. Consecința e încălzirea tubului până la incandescență, umflarea și plesnirea lui.

Solicitări mari pot interveni la economizoare cu tuburi netede, umplute numai parțial cu apă și rămase în contact cu gazele de ardere. In astfel de cazuri s'au înregistrat explozii cu urmări foarte grave.

CONCLUZII

36. Pentru ca instalația unei centrale electrice să prezinte suficientă siguranță în funcționare, trebue în primul rând ca la proiectarea ei să se ia în considerare toate elementele care pot cauza deranjamente și să se aplice soluții potrivite pentru combaterea acestor elemente prin însăși construcția aleasă. Dificultățile de proiectare sunt mari mai ales la generatorii de abur.

O instalație bine proiectată trebue însă să fie și bine executată și tot așa de bine și întreținută. Se impune deci un control riguros al confecționării nu numai din partea conducerii întreprinderii care execută lucrarea ci și din partea centralei electrice pentru care e destinată instalația. Trebuie să se cunoască felul materialului folosit, tot așa și metodele de prelucrare și asamblare.

Trebue însă supravegheate deaproape nu numai confecționarea în fabrică ci și lucrările de întreținere ulterioare.

Pentru a putea controla materialul folosit la lucrări este necesar ca centralele electrice să aibă laboratoare cu mașini și aparate pentru încercări de materiale. Un astfel de laborator ar trebui să existe cel puțin la fiecare grup mai mare de centrale.

Un alt factor important și hotărîtor pentru o exploatare rațională și sigură este urmărirea minuțioasă a fenomenelor ce se petrec în centrală ; în privința aceasta circuitul de apă și abur joacă rolul cel mai important. Se impune deci ca fiecare centrală să aibă un laborator pentru executarea analizelor de apă, unde analizele să se facă în mod regulat, la intervale dinainte fixate. Rezultatele analizelor trebue să fie cunoscute și înțelese de conducerea centralei și de personalul de exploatare a acesteia în așa fel ca fiecare om din centrală să urmărească cu interes viu toate fenomenele ce se petrec și să intervină în mod conștient la combaterea anomaliilor. In felul acesta, centralele noastre cu abur vor putea realiza progrese și se vor putea ridica la nivelul celor din U.R.S.S.

Bibliografie

I. I. Clinov : Coroziunea aparaturei chimice și materiale anticorozive (Traducere) Editura Tehnică, 1952.

I. R. Evans : Coroziunea, porozitatea și protecția metalelor. Metalurgizdat, 1941.

V. P. Batrakov : Coroziunea metalelor de construcție în atmosferă corosivă. Ed. Industriei de Apărare. Moscova 1952.

V. A. Pritula : Protecția conductelor și rezervoarelor. Ed. de petrol și combustibil. Moscova 1950.

E. N. Vinogradova : Metode pentru determinarea concentrației ionilor de hidrogen. Ed. Universității Moscova 1950.

G. T. Bahvalov și *A. V. Turkovskaia*: Manual pentru lucrări de laborator în domeniul coroziunii și galvanostegiei Ed. Siderurgiei și Metalurgiei. Moscova 1952.

★

ПОВЕДЕНИЕ МЕТАЛЛОВ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВОДЫ И ПАРА

Резюме

В настоящей статье, рассматриваются свойства и поведение металлов и сплавов в условиях эксплоатации на паровых электростанциях. Указываются неполадки из за действия воды и пара и методы их устранения.

ELECTROENERGETICA

SISTEME DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUȚIE DE ENERGIE ELECTRICĂ ÎN CURENT ALTERNATIV CU UTILIZAREA PĂMÂNTULUI DREPT CONDUCTOR

Prof. Dr. Ing. N. V. BOȚAN, Ing. A. I. POEATĂ și Ing. NINA POEATĂ

După ce arată care sunt sistemele de transport și distribuție a energiei electrice cu utilizarea pământului drept conductor, autorii se ocupă de sistemul D.C P. (doi conductori pământ. Se arată caracteristicile electrice ale acestor linii, se tratează problema disimetriei curenților și tensiunilor în acest sistem și ca o consecință a disimetriei se amintește și de perturbațiile pe care le produc aceste linii asupra liniilor de telecomunicații. Se tratează deasemeni problema punerii la pământ a celei de a treia faze și se dau o serie de considerațiuni de ordin constructiv. In concluzie, se arată domeniile de utilizare ale acestui sistem de transport și distribuție.

Necesitatea construcției liniilor electrice în condiții cât mai avantajoase din punct de vedere economic a dus la imaginarea și cercetarea funcționării sistemelor de transport și distribuție, care utilizează pământul drept conductor.

Deoarece îndeplinirea planului de electrificare este strâns legată și de alegerea soluțiilor celor mai economice, vom considera în cele ce urmează câteva sisteme de acest fel, care în unele situații, datorită avantajelor lor economice, pot fi preferate altor sisteme.

Practica utilizării pământului drept conductor de curent electric s'a introdus cu greu în electroenergetică și cu multă nesiguranță. Această problemă a folosirii pământului drept conductor a fost formulată odată cu construirea primelor linii de transport de energie de către electrotehnicianul rus N. M. Alekseev, în cuvântarea rostită la primul congres al Asociației Tehnicienilor Ruși din 1882 (B. 1). Deși problema a fost pusă apoi și de unele întreprinderi constructoare de linii și utilaj electric, aplicarea acestei metode în tehnica curenților tari s'a introdus relativ recent.

Astfel, în U.R.S.S. s'au construit în 1933 primele linii trifazate de înaltă tensiune folosind pământul drept conductor, după schema din fig. 1, cunoscute sub numele de linii D.P.Z. (doi conductori — pământ D.C.P.). Reducerea consumului de material conductor, izolatori și suporți curbi cu aproximativ 33% și economia

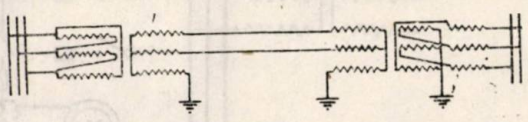


Fig. 1

realizată din ușurarea stâlpilor a dus la desvoltarea rapidă a acestui sistem, încât înainte de război lungimea acestor linii în U.R.S.S. depășea 1200 km, dintre care 300 km erau linii de 20 și

35 kV. In ultimii ani în R.P. Ungară, s'au construit aproximativ 390 km linii D.C.P.

Menționăm apoi sistemul monofazat cu întoarcere prin pământ (fig. 2), care și-a găsit o aplicație largă în sistemul de distribuție mixt.

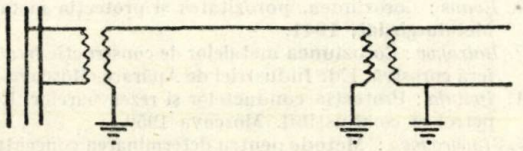


Fig. 2

Intr'un asemenea sistem, distribuția energiei electrice la consumatorii importanți se face prin intermediul rețelelor trifazate, iar încărcările mici sunt alimentate dela transformatori monofazați, prin rețele monofazate. Pe lângă economia evidentă realizată în înalta tensiune, acest sistem, prin folosirea stațiilor ieftine cu transformatori monofazați, permite introducerea înaltei tensiuni cât mai aproape de consumatori, fapt care la rândul lui permite construirea liniei de joasă tensiune cu conductori

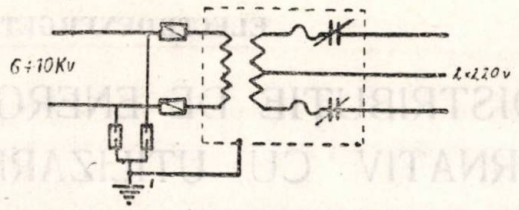


Fig. 3

de oțel. Din compararea Fig. 3 cu Fig. 4, se poate observa reducerea aparatajului din stațiile de transformare în cazul folosirii pământului drept conductor. Toate acestea fac ca într'un asemenea sistem mixt de distribuție cheltuelile inițiale de construcție a liniilor și stațiilor de transformare să fie mai mici decât în cazul distribuției trifazate obișnuite cu 25% (B. 2).

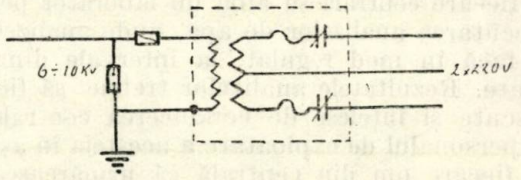


Fig. 4

Posibilitatea alimentării unui motor trifazat dela o rețea monofazată prin instalarea unui condensator static de partea de înaltă tensiune a transformatorului trifazat (B. 3) (Fig. 5),

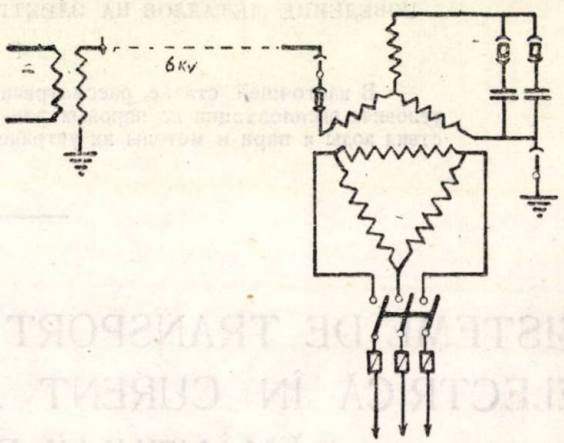


Fig. 5

permite construcția unor linii cu un singur conductor pentru alimentarea unor consumatori de forță destul de importanți (10—15 kW).

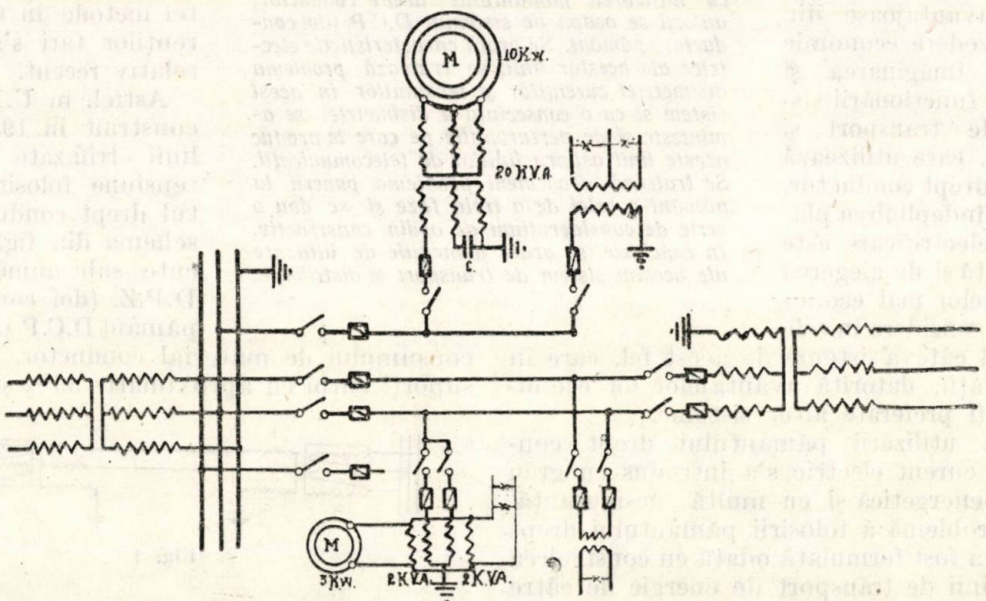


Fig. 6

In U.R.S.S., sistemul acesta a dat rezultate foarte bune în industria forestieră, pe șantierele

mici de construcții și în agricultură. El pare a fi foarte avantajos în special când motorul trebue mutat din loc în loc și odată cu el și linia de alimentare, cum ar fi cazul la ariile de treierat. In acest caz linia construită dintr'un singur conductor, poate fi montată pe stâlpi foarte ușor de deplasat.

Combinarea tuturor sistemelor citate este sintetizată în fig. 6.

In unele țări, se întrebuințează pământul drept conductor pentru alimentarea consumatorilor monofazați de putere mică din regiuni

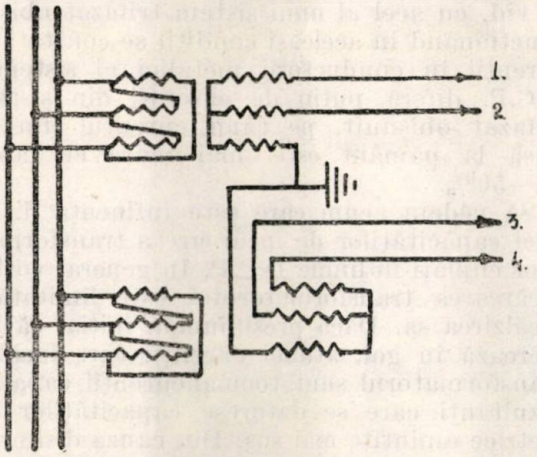


Fig. 7

rurale și suburbane, folosind însă și un conductor neizolat montat pe stâlpi și pus la pământ din loc în loc. Pierderea de tensiune în conductorul pus la pământ se ia de obicei egală cu pierderea de tensiune în conductorul neizolat. In realitate însă, din cauza trecerii unei părți din curent prin pământ, pierderea de tensiune în conductorul neizolat este mai mică cu 25—35 %. (B. 4).

Este locul de asemeni să amintim încă un sistem de transport, derivat din sistemul D. C. P. și anume transportul pe patru sau mai multe fire Sistemul de transport pe patru fire nu este altceva decât dublarea sistemului D.C.P.(Fig. 7). Acest sistem elimină unele desavantaje ale sistemului D.C.P., provenite din circulația curentului prin pământ. Fără să încercăm să facem considerații asupra acestui sistem de transport-sistemul de altfel fiind suficient discutat în literatura sovietică de specialitate (B. 5 și B. 6), vom face numai observația că aci pământul nu mai este folosit drept conductor, deci chestiunea nu mai face parte din cadrul problemei propuse.

Ne vom ocupa în cele ce urmează de câteva din problemele legate de construcția, funcționarea și exploatarea sistemelor ce folosesc pământul drept conductor, insistând în mod special asupra sistemului D.C.P.

Caracteristicile electrice ale liniilor ce folosesc pământul drept conductor

Rezistența specifică a pământului depinde de compoziția solului, vechimea straturilor, etc. In general, straturile dela suprafață sunt mai puțin conductoare decât cele din interior. Solul înghețat are conductibilitatea mai redusă. Datorită acestui fapt se recomandă instalarea prizei de pământ sub limita de îngheț a solului.

In ceiace privește valoarea secțiunii solului prin care circulă curentul, s'ar părea la prima vedere că este infinită, motiv pentru care am putea lua rezistența pământului egală cu zero, dacă neglijăm rezistența prizelor. Aceasta este just numai în cazul curentului continuu. In curent alternativ, rezistența inductivă a unei faze este dată de relația

$$x = \omega\left(4{,}6 \lg \frac{D_m}{r} + 0{,}5\,\mu\right) \cdot 10^{-4}\ ohm/km$$

Dm fiind distanța medie între conductori.

Se vede că derivațiile din curentul corespunzător fazei puse la pământ, care ar avea tendința să se depărteze de traseul liniei vor avea o rezistență inductivă mare. Deci curentul alternativ din pământ, are tendința să circule de preferință pe sub linie și prin urmare secțiunea solului nu mai poate fi considerată infinită. De asemeni, dacă linia ar avea un traseu sinuos în plan (Fig. 8), din aceleași motive, curentul din pământ va merge pe sub linie și nu în linie dreaptă între extremitățile liniei.

In legătură cu conducerea curentului electric prin pământ sunt mai multe teorii. Cea mai justă din punct de vedere fizic este teoria după care pământul este considerat omogen, cu aceiași conductibilitate în toate direcțiile. Scriind valoarea fluxului rezultant din interacțiunea câmpului produs de curentul din

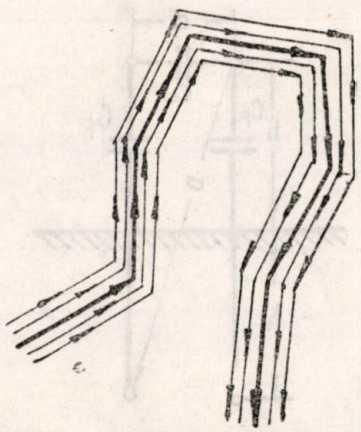


Fig. 8

conductorul metalic și curenții ce curg în pământ, după o serie de simplificări, se ajunge la următoarea expresie a impedanței pe 1 cm a buclei formate din conductorul metalic și pământ :

$$Z_{cp} = R + jX = R_{cond} + \frac{\pi\omega}{2} 10^{-9} +$$

$$+ 2\,j\omega\,10^{-9}\left(\ln \frac{D}{r_{ech}} - 0{,}06\right) \frac{ohm}{cm.}$$

unde ω este pulsația,

$$D = \frac{1}{\pi\sqrt{2f\lambda \cdot 10^{-9}}}$$

în care f este frecvența în Hz,

λ conductibilitatea pământului $\frac{1}{\text{ohm. cm}}$ iar

r_{ech} este raza echivalentă a conductorului.

Din această relație rezultă că rezistența ohmică a pământului în curent alternativ nu depinde de rezistența specifică a solului ci numai de frecvență.

Calculul pierderii de tensiune într'o rețea D.C.P. se face cu suficientă exactitate utilizând relațiile obișnuite. Pentru calculele mai exacte trebue însă să ținem seamă de rezistența activă a solului, care din relația precedentă se vede că are valoarea 0,05 ohm/km și de rezistența inductivă, care se ia în mod obișnuit $x = 0{,}429$ ohm/km, admițându-se pentru pământ o rezistență specifică medie de 100 ohm/m (B. 7).

Pentru liniile monofazate care folosesc pământul drept conductor de întoarcere, pierderea de tensiune se calculează după relația :

$$\Delta U = I\,[(R + 0{,}05)\cos\varphi + (X + 0{,}43)\sin\varphi].l$$

R și X fiind rezistența ohmică și rezistența inductivă a conductorului.

Capacitățile dintre conductorii aerieni C_c (fig. 9) precum și dintre conductor și pământ C_p într'un sistem D.C.P. spre deosebire de sistemul trifazat obișnuit, formează un sistem asimetric legat în triunghiu. Valorile lor se determină cu ajutorul următoarelor relații, în care notațiile au semnificația din fig. 9 și

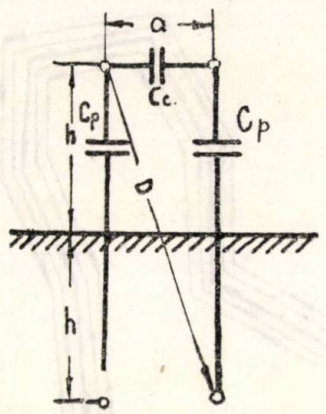


Fig. 9

sunt exprimate în cm.

$$C_c = \frac{\ln\frac{D}{a}}{18\,\ln\left(\frac{2h}{r}\cdot\frac{D}{a}\right)\cdot\ln\left(\frac{2h}{r}\cdot\frac{a}{D}\right)}\ \mu F/\text{km}$$

și

$$C_p = \frac{1}{18\,\ln\frac{2h}{r}\cdot\frac{D}{a}}\ \mu F/\text{km}$$

r fiind raza conductorilor în cm.

Din cauza acestei nesimetrii a capacităților curentul capacitiv care circulă prin pământ, are o valoare de n ori mai mare decât curentul capacitiv din conductorii metalici.

$$n = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{m^2 + m + 1}}$$

unde m este raportul dintre C_c și C_p. Pentru liniile de 35 kV, valoarea lui $n \cong 1{,}3$ variind foarte puțin pentru alte tensiuni.

Comparând însă valorile curenților capacitivi din fazele unui sistem D.C.P., funcționând la vid, cu acel al unui sistem trifazat obișnuit funcționând în aceleași condiții se constată că : curenții în conductorii metalici ai sistemului D.C.P. diferă puțin de curenții din sistemul trifazat obișnuit, pe când curentul din faza pusă la pământ este mai mare cu aprox. $45 - 50\%$.

Să vedem acum care este influența disimetriei capacităților de încărcare a transformatorilor cuplați în liniile D.C.P. In general vorbind încărcarea transformatorului este limitată de încălzirea sa. Dacă presupunem inițial că linia lucrează în gol, atunci curenții care încălzesc transformatorul sunt tocmai curenții capacitivi rezultanți, care se datoresc capacităților disimetrice amintite mai sus. Din cauza disimetriei capacităților acești curenți sunt de asemeni disimetrici. Pentru ca încălzirea transformatorului în linia D.C.P. să nu depășească încălzirea sa în linia trifazată obișnuită trebue să punem condiția ca pierderile în cupru să fie aceleași în ambele cazuri. Această condiție va fi îndeplinită atunci când suma patratelor curenților capacitivi rezultanți ce trec prin cele trei faze în sistemul D.C.P. va fi egală cu de trei ori patratul curentului nominal al transformatorului. Se găsește în acest mod care este puterea minimă a transformatorului, care poate fi cuplat în rețeaua D.C.P. respectivă. In tabela de mai jos, se dau valorile minime în kW ale puterii transformatorilor ce pot fi cuplați în sistemul D.C.P. în comparație cu sistemul trifazat obișnuit, pentru diverse tensiuni și lungimi ale liniei (B. 9).

km	50		100		200	
U kV	D.C.P.	trifaz.	D.C.P.	trifaz.	D.C.P.	trifaz.
10	20	16	41	32	81	63
12,7	33	25	65	51	130	102
15	46	36	91	71	183	143
22	98	76	196	153	392	306
35	247	194	494	388	988	776

Faptul că puterea minimă a transformatorului cuplat în sistemul D.C.P. este mai mare decât în sistemul trifazat obișnuit, nu complică în general alegerea în practică a transformatorului pentru sistemul D.C.P., deoarece pentru tensiunile și lungimile indicate în tabel, transformatorii necesari sunt de obicei cu mult mai mari decât valorile minime admise din punct de vedere al încălzirii la mers în gol.

La încărcarea transformatorului, curenții de sarcină se adună vectorial la curenții capacitivi rezultanți astfel că fiecare fază a transformatorului este parcursă de suma acestor doi curenți. In cazul când încărcarea este pur ohmică efectul capacităților scade capacitatea de încărcare a transformatorului, mai mult decât în sistemul trifazat obișnuit. Pentru cazul general însă al consumatorilor inductivi, curenții capacitivi au un efect de compensare a factorului de putere, mărind astfel capacitatea de încărcare a transformatorului. Se poate găsi un anumit cos φ al încărcării pentru care compensarea să fie completă.

Dela prima vedere s'ar părea că această valoare a lui cos φ ar trebui să fie mai mare în sistemul D.C.P. decât în cel obișnuit, deoarece curenții capacitivi rezultanți sunt mai mari. Analize amănunțite în această privință (B. 9) au arătat însă că în realitate compensarea este numai cu puțin diferită de cea din sistemul trifazat obișnuit. Deci întrucât efectul capacităților asimetrice din sistemul D.C.P. în regim normal de funcționare nu este cu mult diferit decât în sistemul trifazat obișnuit, în alegerea transformatorului de putere, și în acest caz particular, nu se va ține seamă în general de curenții capacitivi.

O altă consecință a disimetriei capacităților din sistemul D.C.P. este apariția fenomenului de fero-rezonanță la întreruperea unei faze aeriene, cu mult mai accentuat decât în sistemul trifazat obișnuit. Urmările acestui fenomen vor fi amintite mai jos.

Gradul de disimetrie în rețelele D.C.P.

Utilizarea pământului drept al treilea conductor în cazul sistemelor D.C.P., face ca sistemul acesta să fie un sistem nesimetric. Acest lucru a constituit, de altfel, una din cauzele care au frânat întru câtva introducerea pe scară mai largă a acestui sistem, cunoscute fiind desavantajele pe care le prezintă, de exemplu, un sistem trifazat desechilibrat.

In cele ce urmează, vom examina problema disimetriei în cazul sistemului D.C.P. și vom arăta că această teamă legată de utilizarea acestui sistem nu este întotdeauna justificată.

In cazul unei încărcări nesimetrice, cum ar fi de exemplu în cazul sistemului D.C.P., raportul dintre componenta inversă și componenta directă a curentului ne va da gradul de disimetrie (desechilibru) al rețelei :

$$D = \frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d}$$

Un grad ridicat de disimetrie a curenților înseamnă că există un curent invers important în raport cu curentul direct, care provoacă o cădere mare de tensiune inversă în rețea și care cădere constitue cauza dezechilibrului tensiunilor rețelei.

In general, o tensiune sau un curent pot fi considerate încă simetrice, atunci când componenta inversă este mai mică de 5 % din componenta directă, adică atunci când :

$$D \leqslant 0{,}05$$

Geszti P. Otto și Kovacs K. Pal, într'o lucrare recentă (B. 8) au demonstrat că în cazul sistemului D.C.P. gradul de disimetrie este dat de relația :

$$D = \frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d} = \frac{\left| \frac{\bar{Z}_c - \bar{Z}_A}{3} \right|}{\left| \frac{\bar{Z}_c + 2\bar{Z}_A}{3} + \bar{Z}_f \right|}$$

în care :

$$\bar{Z}_A = \bar{Z} - \bar{Z}_m, \quad \bar{Z}_c = \bar{Z}_m$$

iar $\bar{Z}_f$ — este impedanța întregului circuit, care se opune trecerii componentei inverse a curenților.

Z — este impedanța totală a circuitului conductor-pământ format de conductorul liniei D.C.P.

$\bar{Z}_m$ — este impedanța mutuală a circuitelor conductor pământ, Valorile acestor impedanțe sunt date de relațiile :

$$Z = R_c + \frac{\pi\omega}{2} \cdot 10^{-9} +$$

$$+ 2j\ \omega\ 10^{-9} \left(\ln \frac{D}{r_{etb}} - 0{,}577 \right) \text{ ohm/cm}$$

$$Z_m = \frac{\pi\omega}{2} \cdot 10^{-9} + 2j\omega \cdot 10^{-9} \left(\ln \frac{D}{a} - 0{,}577 \right) \text{ohm/cm}$$

în care factorii ce intră în aceste expresii au aceleași semnificații ca în relația arătată mai sus, iar a este distanța dintre conductori.

Introducând aceste valori în relația de mai sus, după o serie de reduceri, se poate arăta că gradul de simetrie este relativ mic. Astfel pentru orientare, putem arăta că disimetria curenților și tensiunilor, pentru pierderi de tensiune în linii D.C.P. ce nu trec de 10 %, variază după cum urmează (B. 7) :

a) pentru cazul când se folosesc conductori de cupru sau de aluminiu :

— disimetria curenților $D_i < 0{,}01 \div 0{,}02$

— disimetria tensiunilor $D_u < 0{,}01$

b) pentru cazul când se folosesc conductori de oțel :

$$D_i < 0{,}07 \text{ iar } D_u < 0{,}03$$

Cifrele de mai sus au fost verificate experimental (B. 8), rezultatele obținute fiind apropiate de acestea.

Rezultă deci că în afară de cazul când se utilizează conductori de oțel, disimetria curenților este mai mică decât 0,05, deci practic sistemul poate fi considerat echilibrat.

Menționăm că, curentul invers produs de o încărcare nesimetrică provoacă în toate cir-

cuitele pe care le parcurge : fie în rețeaua proprie zisă, fie în mașinile trifazate, pierderi ohmice ale curentului direct sub formă de pierderi suplimentare. Aceste pierderi însă au valori reduse, astfel încât pot fi neglijate. De exemplu, o disimetrie D = 20% nu mărește pierderile ohmice decât cu 4% (B. 10).

Pe de altă parte, în circuitul indus al mașinilor rotative curentul invers are o frecvență dublă față de frecvența rețelei și deci în aceste înfășurări reactanța este mai mare pentru curentul invers, decât pentru curentul direct. In acest caz curentul invers dă naștere unui cuplu de frânare a mașinii, care poate fi învins numai printr'un consum mai mare de putere activă furnizată de sistemul direct. Totuși, acest cuplu de frânare în mașină este slab așa că nu modifică condițiile de funcționare ale mașinii. Astfel, chiar dacă gradul de disimetrie ar fi de ordinul 90%, cuplul de frânare n'ar atinge decât câteva procente din cuplul nominal al unui motor sau al unui alternator obișnuit.

Trebue să menționăm însă că, chiar dacă gradul de disimetrie al sistemului D.C.P. ar fi mai mare decât cel admis (5%), există totuși posibilități de a compensa această disimetrie, fie cu ajutorul selfurilor, fie cu ajutorul capacităților, fie cu selfuri și capacități, montate în circuitul respectiv. De altfel chiar în articolul de față am arătat în treacăt (fig. 5), cazul alimentării unui motor trifazat prin intermediul unei capacități.

Din cele expuse sumar asupra disimetriei sistemelor D.C.P., rezultă că gradul acestei disimetrii este redus și chiar atunci când s'ar produce o disimetrie mai accentuată există mijloace suficiente pentru a o compensa.. Problema disimetriei nu trebue să constitue deci o frânare în introducerea în practică a acestui sistem, mai ales pentru electrificările rurale, afară doar de cazul când gradul de disimetrie ar fi prea mare, iar mijloacele de compensare nu ar conveni din punct de vedere economic, fapt care credem că cel puțin pentru condițiile obișnuite de lucru în electrificările rurale, nu ar trebui să preocupe prea mult.

Perturbații produse prin funcționarea liniilor D.C.P. în liniile de curenți slabi din apropiere

Unul din marile neajunsuri pe care le prezintă sistemul de transport D.C.P., este influența dăunătoare pe care o are asupra liniilor de telecomunicații și asupra comenzilor de blocaj electric la căile ferate.

Liniile D.C.P., prezentând un oarecare grad de disimetrie, influențează mai mult ca liniile trifazate obișnuite asupra liniilor vecine de telecomunicații, în sensul că în acestea din urmă se induc, în anumite condițiuni, curenți și tensiuni parazite.

Influențele liniilor D.C.P. asupra liniilor de telecomunicații pot fi periculoase, atunci când din cauza lor se deteriorează aparatele din instalațiile de telecomunicații, când este periclitat personalul ce deservește aceste instalații și când produc comenzi nedorite în sistemele de blocaj electric la căile ferate. Aceste influențe sunt perturbatoare, atunci când înrăutățesc condițiile de funcționare a instalațiilor de telecomunicații.

Perturbațiile produse de liniile D.C.P. asupra liniilor de telecomunicații, depind de o serie întreagă de factori, cum ar fi : apropierea liniei D.C.P. de linia de telecomunicații, înălțimea ambelor linii deasupra solului, distanța dintre conductorii fiecărei linii în parte, tensiunea și gradul de desechilibru al liniei D.C.P., de tensiunile induse, precum și de o serie întreagă de alți factori (B. 7).

Trebue să arătăm că, deși s'au făcut numeroase studii și încercări în domeniul perturbațiilor produse asupra liniilor telefonice și telegrafice și s'au produs o serie de metode de protecție, totuși problema aceasta încă nu este complect rezolvată. Pentru rezolvarea ei mai sunt necesare studii și încercări experimentale, atât în ceeace privește stabilirea cauzelor care produc aceste perturbații, efectele produse dela caz la caz, precum și metodele cele mai potrivite de prevenire și de atenuare a perturbațiilor. Nu vom intra în detalii de calcul, întrucât acesta ar cere un studiu separat.

Problema punerii la pământ a celei de a treia faze

O problemă destul de dificilă în legătură cu construcția și exploatarea liniilor D.C.P., este aceia a punerii la pământ a celei de a treia faze, astfel încât tensiunea la suprafața solului

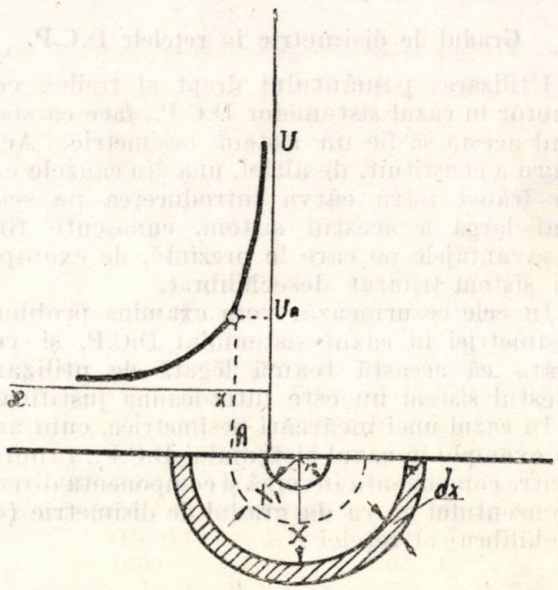


Fig. 10

în jurul prizei de pământ, să nu devină periculoasă.

In cele ce urmează vom indica doar câteva noțiuni în legătură cu punerea la pământ, fără a intra în detalii, întrucât problema este destul de mult tratată în literatura de specialitate.

Presupunem (fig. 10) o priză de pământ de forma unei emisfere de rază *r*, așezată într'un

teren omogen a cărui rezistență specifică este ρ. Liniile de forță fiind îndreptate radial plecând dela centrul sferei, densitatea de curent la o distanță x de centru va fi :

$$j = \frac{I}{2\pi \cdot x^2}$$

Plecând dela această relație și scriind valoarea tensiunii într'un punct A situat la distanța x, de centrul sferei :

$$U_A = \frac{I\,\rho}{2\pi\, x_1}$$

Se observă că în acest punct tensiunea va fi mai mare decât într'un punct M situat la o

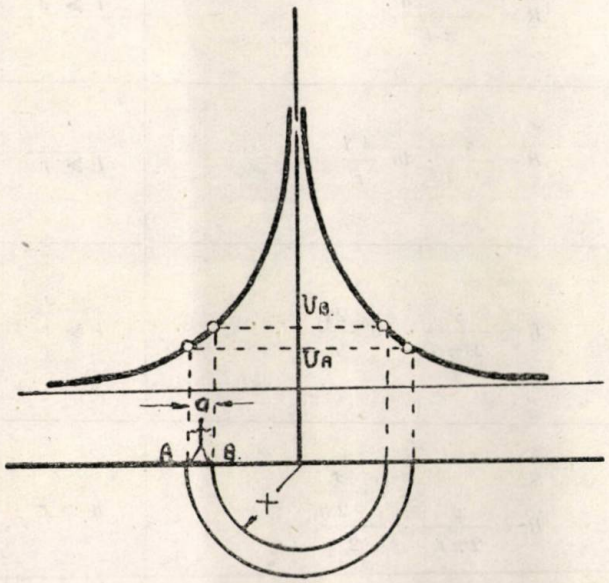


Fig. 11

distanță oarecare x. Practic se poate considera că la o distanță $x = 20$ m, tensiunea U este zero, acest lucru datorită faptului că secțiunea pământului prin care trece curentul crește cu patratul distanței dela centrul sferei. Astfel din fig. 10 se vede că secțiunea

$$q_1 = 2\pi \cdot x_1^2 > q = 2\pi \cdot x^2$$

Dacă ținem seamă de curba de repartiție a potențialului, care se prezintă sub forma unei iperbole, se observă (fig. 11) că între două puncte A și B pe sol, situate la distanța a unul de altul, există o diferență de potențial. Un om care s'ar deplasa spre priza de pământ cu un picior în A și cu altul în B este supus acțiunii acestei diferențe de potențial. Tensiunea corespunzătoare unui pas omenesc se numește tensiune pe pas. Se poate vedea ușor că :

$$U_{pas} = U_x - U_{x+a} = \frac{I\rho}{2\pi}\int_{x+a}^{x}\frac{dx}{x^2}$$

deci :

$$U_{pas} = \frac{I \cdot \rho a}{2\pi x\,(x+a)} \qquad (1)$$

In cazul când tensiunea pe pas este de ordinu a 60 volți, ea începe să fie simțită de om și în anumite cazuri poate deveni chiar periculoasă. De aceia prescripțiunile pentru executarea instalațiilor de punere la pământ limitează valoarea tensiunii pe pas. Prescripțiunile sovietice admit o tensiune pe pas de 20 V/m.

După cum se vede din relația (1) tensiunea pe pas depinde de curentul care circulă prin priza de pământ, de rezistența specifică a solului în care este instalată priza de pământ, de distanța dela priză și de lungimea pasului.

Pentru a determina valoarea curentului care circulă prin priza de pământ, aplicăm legea lui Ohm :

$$U_p = I \cdot R$$

unde : U_p este tensiunea față de pământ a punctelor de pe locul de contact,

R este rezistența ce se opune curentului pe locul de contact.

Tensiunea U_p fiind cunoscută, pentru a determina valoarea curentului I, trebue să cunoaștem valoarea rezistenței R. In tabloul alăturat sunt date valorile lui R în funcție de adâncimea la care este îngropată priza. (B. 12).

Rezistența specifică a solului, după cum am văzut mai sus, variază cu natura și cu umiditatea lui. Astfel experiența făcută în acest domeniu în Uniunea Sovietică, a arătat că în regiunile muntoase, datorită rezistențelor specifice mari ale solului, punerea la pământ a unei faze în cazul sistemului D.C.P., este legată de greutăți mari de execuție și de un cost ridicat al prizelor de pământ (B. 18). In concluzie s'a stabilit că instalațiile D.C.P. sunt mai rentabile ca cele trifazate, numai atunci când substațiile în care se execută prizele de pământ se plasează în regiuni unde este asigurată o umiditate permanentă a solului. In fig. 12, este reprezentată economia relativă ce se obține în cazul folosirii sistemului DCP., în raport cu sistemul trifazat obișnuit, în funcție de lungimea liniei pentru o rocă stâncoasă a cărei conductibilitate este $0{,}04.10^{-4}\ \frac{1}{\text{ohm. cm}}$.

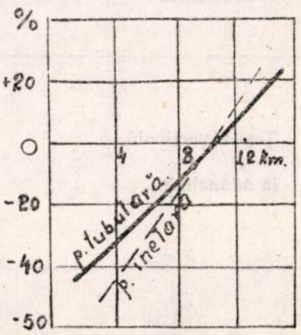
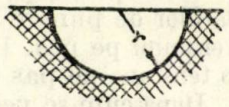
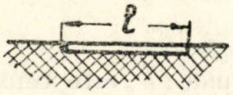
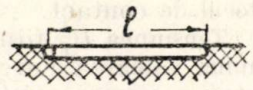
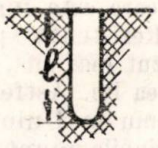
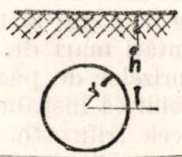
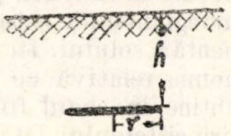
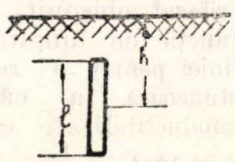
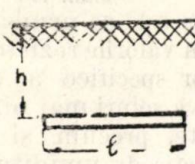
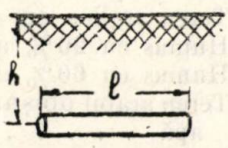


Fig. 12

In cele ce urmează dăm valorile rezistențelor specifice a câtorva soluri mai obișnuite, precum și modul cum variază ele în funcție de umiditatea solului :

Teren argilos cu 20% apă . .	3.000 ohm. cm
Teren argilos cu 40% apă . .	800 ohm. cm
Humus cu 20% apă	9.600 ohm. cm
Humus cu 60% apă	900 ohm. cm
Teren arabil obișnuit cu 50% apă	1.300 ohm. cm
Nisip cu 9% apă	13.000 ohm. cm

Forma prizei	Schiţa	Valorile rezistenţei pe locul de contact	Condiţia
Semisferă		$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot r}$	
Placă circulară		$R = \frac{\rho}{4 \cdot r}$	
Placă patrată d = grosimea plăcii		$R = \frac{\rho \cdot ln \frac{2l}{d}}{\pi \cdot l}$	$l \gg d$
Ţeavă orizontală r = raza ţevii		$R = \frac{\rho}{\pi^2 \cdot l} \cdot ln \frac{4 \cdot l}{r}$	$l \gg r$
Ţeavă verticală		$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot ln \frac{2l}{r}$	$l \gg r$
Sferă la adâncime		$R = \frac{\rho}{2 \pi r} \cdot \frac{1 + \frac{r}{2h}}{2}$	$h > r$
Placa circulară la adâncime		$R = \frac{\rho}{4r} \cdot \frac{1 + \frac{2}{\pi} \text{ arc sin } \frac{r}{\sqrt{(2h)^2 + r^2}}}{2}$	$h > r$
Ţeavă verticală la adâncime		$R = \frac{\rho \cdot ln \frac{2 \cdot l}{r}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \frac{ln \frac{l}{r} + \frac{1}{2} \cdot ln \frac{4 \cdot h + l}{4 \cdot h - l}}{ln \frac{4l}{r}}$	$l \gg r$ $l \gg \frac{l}{4}$
Placă patrată la adâncime		$R = \frac{\rho \cdot ln \frac{2l}{d}}{\pi l} \cdot \frac{1 + ln \frac{2l}{t} / ln \frac{2l}{d}}{2}$	$l \gg d$ $h \ll \frac{l}{4}$
		$R = \frac{\rho \cdot ln \frac{2l}{d}}{\pi l} \cdot \frac{1 + 4l/t / ln \frac{2l}{d}}{2}$	$l \gg d$ $h \gg \frac{l}{4}$
Ţeavă orizontală la adâncime		$R = \frac{\rho \cdot ln \frac{4l}{r}}{\pi^2 \cdot l} \cdot \frac{1 + \frac{ln \cdot \pi \cdot l/2h}{ln 4l/r}}{}$	$\frac{l}{2} \gg r$ $h \ll \frac{l}{2}$
		$R = \frac{\rho \cdot ln \frac{4l}{r}}{\pi^2 \cdot l} \cdot \frac{1 + \frac{\pi l}{4h} / ln \frac{4l}{r}}{2}$	$\frac{l}{2} \gg r$ $h \gg \frac{l}{2}$

In calculele pentru determinarea tensiunii pe pas, lungimea pasului se ia în mod obișnuit a = 80 cm. (B. 11).

Menționăm că atunci când curentul care circulă prin priza de pământ precum și rezistența specifică a solului au valori mari, tensiunea pe pas în imediata apropriere a prizei de pământ nu poate fi adusă la valori admisibile din punct de vedere al securității persoanelor și animalelor, fapt care impune ca în asemenea cazuri locurile periculoase să fie îngrădite.

In ceiace privește execuția prizelor de pământ pentru sistemele de transport D.C.P., ele nu se deosebesc aproape cu nimic de execuția prizelor obișnuite din instalațiile electrice.

Considerațiuni practice în legătură cu construcția liniilor D.C.P.

Ținând seamă de stadiul în care se găsesc cercetările teoretice în acest domeniu, de rezultatele obținute în urma unor experimentări, precum și de datele publicate în literatură în legătură cu comportarea în exploatare a sistemelor D.C.P., menționăm câteva concluzii de ordin constructiv.

Astfel, alimentarea unei linii D.C.P. nu este posibilă direct dela generator ci numai prin intermediul unui transformator, aceasta datorită faptului că problema funcționării mașinilor rotative conectate direct la o rețea care folosește pământul drept conductor nu este suficient de bine studiată. Din aceleași motive nu se recomandă conectarea directă a motoarelor de înaltă tensiune la liniile D.C.P. (B. 13).

Dacă dela o linie trifazată obișnuită vrem să ne derivăm cu o linie D.C.P. de aceeași tensiune trebue să introducem un transformator cu raportul de transformare 1/1, în caz contrar linia cu trei conductori se va comporta întocmai ca o linie D.C.P. Rezultă deci că în cazul când linia este legată prin transformatori ridicători, lungimea dela care s'ar recomanda construirea ei după sistemul D.C.P. nu este limitată. Dacă, din motivele arătate, linia trebue să înceapă cu un transformator cu raportul de transformare 1/1, construcția după sistemul D.C.P. este recomandabilă numai dacă lungimea liniei este suficientă pentru ca economia realizată prin suprimarea unui conductor să depășească cheltuelile de construcție a stației.

Teoretic valoarea puterii ce urmează a fi transmisă prin linie nu limitează domeniul de întrebuințare al sistemului D.C.P. Practic însă puterea ce urmează a fi transportată printr'o linie D.C.P. este limitată de punerea la pământ a fazei.

In comparație cu liniile trifazate obișnuite, cu neutrul izolat, liniile D.C.P. sunt mai expuse la întreruperi din cauza supraintensităților deoarece aici orice contact al unei faze cu pământul prezintă un scurt circuit bifazat. Din aceste motive trebue să se acorde o deosebită atenție amenajării și îngrijirii traseului liniei, pentru ca să se evite contactul dintre conductori și crengile copacilor.

Sistemul de protecție al liniilor D.C.P. trebue ales în așa fel încât să nu fie posibilă întreruperea începutului unui singur conductor și aceasta din următoarele motive :

Referindu-ne la fig. 13 se vede că în eventualitatea întreruperii fazei B în punctul II, transformatorul T_1 rămâne alimentat numai pe

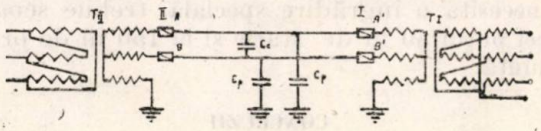


Fig. 13

două faze. Faza B este totuși alimentată prin intermediul capacităților inegale C_c și C_p. Din această cauză, datorită fenomenului de ferorezonanță, condiționat de caracteristica de magnetizare a miezului transformatorului, precum și de raportul celor două capacități C_c și C_p în secundarul transformatorului T_1 se obține un sistem trifazat de curenți și tensiuni. Acest fapt poate avea următoarele consecințe nefavorabile semnalate în literatură.

Din cauza deformării sistemului tensiunilor pot lua naștere în secundarul transformatorului supratensiuni periculoase. Pe de altă parte, dacă ordinea fazelor sistemului trifazat obținut prin alimentarea numai a două faze nu coincide cu ordinea fazelor dinainte de a se fi produs defectul, se inversează sensul de rotație al motorelor cuplate la rețea, fapt care poate avea uneori consecințe foarte grave.

Fenomenul fiind condiționat de prezența capacităților C_c și C_p, această precauțiune în alegerea protecției nu trebue respectată și în stația I, întru cât aici odată cu deconectarea unei faze se deconectează și capacitățile respective. (B. 15).

Menționăm însă că explicația de mai sus a fenomenului de inversiune a fazelor comportă discuții. Astfel, P. Dimo interpretează într'o lucrare (B. 20), fenomenul ca fiind o cauză a schimbării raportului dintre tensiunea directă și tensiunea inversă a fazelor.

Deoarece conductorii într'o linie D.C.P. sunt supuși la un potențial de $\sqrt{3}$ ori mai mare față de pământ ca în sistemul cu trei conductori, s'ar părea la prima vedere că necesitatea întăririi izolației ar traduce cu mult avantajele acestui sistem. Faptul însă că normele existente în toate țările referitoare la alegerea izolamentului sunt destul de largi (B. 16) și totodată faptul că statisticile referitoare la comportarea liniilor D.C.P. prevăzute cu același grad de izolație ca liniile cu trei conductori nu semnalează dificultăți din acest punct de vedere, înlătură acest desavantaj aparent. Se recomandă însă o verificare mai atentă a izolatorilor în timpul montării (B. 17) și o oarecare întărire a izolamentului transformatorilor.

In fine, vom mai menționa câteva chestiuni specifice sistemelor ca folosirea pământului drept conductor și anume : evitarea pe cât posibil

a traseelor liniilor de curenți slabi, necesitatea introducerii celei de al treilea conductor în cazul când o linie D.C.P. traversează o linie de curenți slabi, prin legarea punerilor la pământ a stâlpilor de traversare, evitarea instalării rețelei de joasă tensiune pe aceiași stâlpi cu linia D.C.P. de înaltă tensiune, măsuri speciale la punerea la pământ a fazei, care pe lângă că necesită o îngrădire specială, trebue scoasă la cel puțin 50 m de stație și la 150 m de orice locuință.

CONCLUZII

Din cele expuse mai sus putem trage următoarele concluzii de ordin general :

— Introducerea sistemului D.C.P. este avantajoasă în regiunile rurale, cu încărcări specifice nu prea mari, unde nu există un sistem prea desvoltat de rețele cu trei conductori.

— Sistemul mixt de distribuție cu folosirea pământului drept conductor, ar putea fi considerat drept cel mai potrivit pentru electrificarea majorității satelor.

— Sistemele cu folosirea pământului drept conductor pot fi utilizate cu mult succes în electrificarea diverselor șantiere ce nu necesită un consum prea mare de energie, a exploatătărilor forestiere, a ariilor, etc.

— Introducerea pe scară largă a sistemelor cu folosirea pământului drept conductor, în special a sistemului monofazat cu întoarcere prin pământ este legată pe de o parte de construcția unor tipuri raționale de transformatori monofazați, iar pe de altă parte de construcția condensatorilor, care să permită folosirea motoarelor trifazate în locul celor monofazate, care surt mai scumpe.

— Mulțimea problemelor ce se pun în legătură cu folosirea pământului drept conductor, oferă un câmp deschis pentru cercetări.

Bibliografie

1. *N. M. Alexeev* : Pioner ispolizovania zemli v cacestve provoda pri peredace electroenerghii. Electricestvo Nr. 2, 1951, pag. 79.
2. *N. P. Stepanov* : Odnofaznâe raspredelitelinâe transformatorâ dlea setei s maloi nagruzcoi. Electricestvo, Nr. 2, 1950, pag. 13—20.
3. *V. M. Dimitiev — V. A. Sustov* : Electroperedaci s ispolizovaniem odnoprovodnâh perenosnâh linii. Electricestvo, Nr. 11, 1950, pag. 38—41.
4. *I. A. Budzco* : Electriceskii rascet seliskih mnogocratcozazemleonâh linii. Electricestvo, Nr. 1, 1948, pag. 75—76.
5. *V. V. Andreev* : Cetarehfaznaia shema electrioperedaci a trehfaznâmi transformatorami. Electricestvo, Nr. 1, 1952, pag. 15—17.
6. *C* voprosu o cetârehprovodnâh i şestiprovodnâh liniah electroperedaci. Electricestvo Nr. 3, 1953, pag. 75—81.
7. Spravocinic po electrificații seliscogo hozeaistva. Selihozghiz, Moscova, 1949.
9. *P. Laszlo — E. Andreas* : Kapacitiv aramok a földvezetess rendszerii halozatokban. Elektrotechnica Nr. 4, 1952, pag. 119—120.
8. *G. P. Otto — K. Pál* : A foldvezetéses tavvezetekek elvi kérdései. Elektrotechnica, Nr. 4, 1952, pag. 100—118.
10. *N. V. Boțan, A. I. Poeata* și *I. Bejan* Transportul și distribuția energiei electrice. (Curs Vol. 5). Inst. Politehnic Iași, 1951,.
11. *A. I. Cuznețov* : Tehnica securității în instalațiile electrice. Editura Tehnică 1952 (traducere).
12. *F. Ollendorff* : Erdströme. Ed. J. Springer, Berlin.
13. *N. K. Kuznețov* și *A. P. Zlatcovschi* : Centrale hidroelectrice rurale. Ed. Tehnică, 1951.
14. *E. János* : Földvezetéses esdendszer vezeteeinek es berendezeseinek szigetelesei. Elektrotechnica, Nr. 4, 1952, pag. 133—134.
15. *I. Pál* : Ferrorezonancía jelenségek és hatasuk földvezeteses energiaeloszto rendszerben. Elektrotechnica, Nr. 4, 1952, p. 124—131.
15. *A. A. Filistinski.* Cetarehprovodnaia electroperedacia cac sredstvo povâşenia economicinosti i nadejnosti vsâcovolitnâh setei. Electricestvo, Nr. 1, 1952, pag. 17—22.
17. Opât exploatații linii electroperedaci 35 kV po sisteme D.P.Z. Electricestvo Nr. 6, 1950, pag. 76.
18. *L. M. Viliciur — N. S. Cazarean* : O primenenii sistemâ dva provoda-zemlea v gornâh usloviah. Electricestvo, Nr. 2, 1951, pag. 75—78.
19. *R. Rüdenberg* : Elektrische Schaltvorgänge. J. Springer, Berlin, 1933.
20. *P. Dimo* : Posibilitatea inversiunei fazelor în rețelele de înaltă tensiune în cazul tăerii pe o fază a întrerupătorilor. Studii și cercetări de energetică. Tom. I, Nr. 3—4, 1951, pg. 203—232.

★

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И РАССПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ ИСПОЛЬЗУЯ В КАЧЕСТВЕ ПРОВОДНИКА ЗЕМЛЮ

Резюме

После переченя систем передачи и расспределения электроэнергии используя в качестве проводника землю, авторы рассматривают систему ДПЗ (два проводника-земля). Указываются электрические характеристики этих линий, рассматривается вопрос ассиметрии напряжений и токов в этой системе и как последствие асиметрии упоминаются и помехи наводимые этими линиями в линиях связи. Также, излагается вопрос заземления третей фазы и даются ряд соображений конструктивного характера. В заключение указываются области применения этой системы передачи и расспределения.

CALCULUL MECANIC AL CONDUCTORILOR DIN STAȚIILE ELECTRICE EXTERIOARE, LUÂND IN CONSIDERARE EFECTUL GREUTĂȚILOR CONCENTRATE

Conf. Ing. EMIL CONSTANTINESCU

In studiul de față, autorul prezintă o metodă de determinare a unei ecuații de stare și, în general, a unei metode pentru calculul conductorilor încărcați cu sarcini uniform distribuite și cu sarcini concentrate, la modificarea condițiilor atmoferice; se arată aplicațiile la conductorii din stațiile electrice exterioare cu deschideri și săgeți mici.

I. Considerații generale

Calculul mecanic al conductorilor liniilor electrice aeriene, având ca scop determinarea formei curbei funiculare și a tracțiunii maxime, se face prin metodele analitice sau grafice cunoscute, luând în considerare variațiile temperaturii mediului ambiant și a încărcării conductorului. Această încărcare este datorită greutății proprii a conductorului și sarcinilor suplimentare date de chiciură și zăpadă și se consideră întotdeauna drept o greutate uniform repartizată pe lungimea curbei funiculare.

Sunt însă anumite cazuri în care încărcarea conductorului este formată nu numai din sarcini uniform distribuite, ci și din câteva sarcini concentrate în anumite puncte. Astfel, de exemplu, conductorii care se întind în stațiile de transformare exterioare, sunt încărcați nu numai cu sarcinile uniform distribuite date de greutatea proprie și chiciură, ci și de o serie de sarcini concentrate, reprezentate prin derivațiile verticale care se leagă la bornele aparatelor sau prin lanțuri de izolatori intermediare. De remarcat că aceste sarcini concentrate nu sunt constante, ci pot crește mult atunci când se depune chiciură.

Calculul unui conductor care este încărcat cu sarcini concentrate se poate face relativ ușor, prin metodele cunoscute din mecanică, pentru o anumită situație, adică o anumită temperatură și anumite valori ale sarcinilor distribuite și concentrate, determinându-se astfel forma curbei funiculare la o anumită tracțiune în conductor.

Dacă însă condițiile atmosferice, adică temperatura mediului ambiant și încărcarea conductorului se schimbă, noua valoare a tracțiunii din conductor, cu care este posibil apoi să se determine noua formă a curbei funiculare, nu se poate calcula decât cu ajutorul unei ecuații de stare. Iar ecuația de stare obișnuită, care se aplică conductorilor încărcați numai cu sarcini uniform distribuite, nu se mai poate aplica la conductorii pe care există și sarcini concentrate.

Studiul de față are de scop determinarea unei ecuații de stare și în general a unei metode, care să permită calculul conductorilor încărcați cu sarcini uniform distribuite și sarcini concentrate la modificarea condițiilor atmosferice. Ținând seamă de faptul că în practică această situație se întâlnește în special la conductorii stațiilor de transformare exterioare, la care deschiderile sunt foarte mici (în general până la 30 m) și denivelările practic neglijabile, în calculele care urmează s'au luat în considerare numai relațiile simplificate care rezultă atunci când se consideră că forma curbei funiculare este o parabolă, aproximație utilizată curent la liniile aeriene pentru deschideri și denivelări mult mai mari decât cele întâlnite la stațiile electrice exterioare.

II. Determinarea ecuației de stare pentru o deschidere cu denivelare variabilă

Inainte de a trece la rezolvarea problemei conductorilor cu sarcini concentrate, este necesar să se rezolve o problemă intermediară auxiliară, anume determinarea ecuației de stare, pentru o deschidere în care se modifică nu numai condițiile atmosferice, ci și denivelarea; cu alte cuvinte ecuația care permite să se calculeze tracțiunile din conductor atunci când se modifică înălțimea unuia dintre punctele de suspensie.

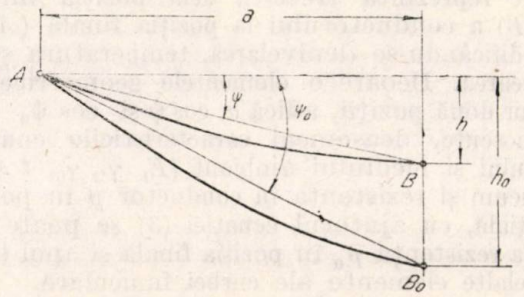


Fig. 1

Considerând (fig. 1) conductorul AB întins într'o deschidere a având o denivelare h și presupunând că punctul de suspensie B se mută în B_0, rezultă o nouă curbă funiculară AB_0 cu aceeași deschidere a, dar cu o altă denivelare h_0. Notând cu ψ și ψ_0, L și L_0, p și p_0 respectiv panta medie, lungimea conductorului (lungimea arcului) și rezistența în conductor (presupusă constantă pe toată lungimea lui și egală cu rezistența corespunzătoare tracțiunii orizontale), iar cu E, α, γ, γ_0, t și t_0 respectiv modulul de elasticitate, coeficientul de dilatare lineară, încărcările specifice ale conductorului (în kg/m mm²) și temperaturile mediului ambiant, ecu-

ația care reprezintă legătura între cele două situații, în ipoteza deformațiilor elastice, are forma :

$$L_0 - L = (p_0 - p)\frac{L}{E} + \alpha L (t_0 - t) \qquad (1)$$

Inlocuind în partea stângă a ecuației (1) lungimile arcurilor L și L_0 cu valorile respective :

$$L = \sqrt{a^2 + h^2} + \frac{\gamma^2 a^3}{24 p^2} \qquad L_0 = \sqrt{a^2 + h_0^2} + \frac{\gamma_0^2 a^3}{24 p_0^2}$$

se obține ecuația :

$$\sqrt{a^2 + h_0^2} - \sqrt{a^2 + h^2} + \frac{a^3}{24}\left(\frac{\gamma_0^2}{p_0^2} - \frac{\gamma^2}{p^2}\right) =$$

$$= (p_0 - p)\frac{L}{E} + \alpha (t_0 - t) L \qquad (2)$$

Presupunând, cu o aproximație suficient de bună că $\frac{a}{L} \cong \cos \psi$

și ținând seama de relațiile evidente :

$$\frac{h}{a} = \operatorname{tg} \psi \qquad \frac{h_0}{a} = \operatorname{tg} \psi_0$$

$$\sqrt{a^2 + h^2} = \frac{a}{\cos \psi} \quad \text{și} \quad \sqrt{a^2 + h_0^2} = \frac{a}{\cos \psi_0}$$

făcând înlocuirile respective în ecuația (2) și ordonând, rezultă ecuația de stare căutată

$$p_0^3 + p_0^2\left[\frac{a^2 \gamma^2 E}{24 p^2}\cos \psi - p + \alpha E (t_0 - t) + \right.$$

$$\left. + E\left(1 - \frac{\cos \psi}{\cos \psi_0}\right)\right] = \frac{a^2 \gamma_0^2 E}{24} \cos \psi \qquad (3)$$

care reprezintă trecerea dela poziția inițială (AB) a conductorului la poziția finală (AB_0), modificându-se denivelarea, temperatura și încărcarea. Deoarece elementele geometrice ale celor două poziții, adică a, $\cos \psi$ și $\cos \psi_0$ sunt cunoscute, deasemeni caracteristicile conductorului și mediului ambiant (E, γ., γ_0, t și t_0) precum și rezistența în conductor p în poziția inițială, cu ajutorul ecuației (3) se poate calcula rezistența p_0 în poziția finală și apoi toate celelalte elemente ale curbei funiculare.

In mod analog se poate deduce ecuația

$$p^3 + p^2\left[\frac{a^2 \gamma_0^2 E}{24 p_0^2}\cos \psi_0 - p_0 + \alpha E (t - t_0) + \right.$$

$$\left. + E\left(1 - \frac{\cos \psi_0}{\cos \psi}\right)\right] = \frac{a^2 \gamma^2 E}{24} \cos \psi_0 \qquad (3')$$

care reprezintă trecerea inversă, dela (AB_0) la (AB).

Este de remarcat că ecuațiile (3) și (3') au fost obținute făcând anumite aproximații, anume că forma curbei funiculare este o parabolă și că rezistența în conductor p sau p_0 este constantă pe toată lungimea lui. Aceste aproximații sunt însă perfect valabile în cazul conductorilor din stațiile de transformare exterioare, datorită deschiderilor foarte mici.

III. Determinarea ecuației de stare pentru un conductor încărcat cu o sarcină uniform distribuită și cu o sarcină concentrată

Pentru rezolvarea acestei probleme este necesar să se studieze cazul unui conductor obișnuit (fig 2) încărcat cu o sarcină specifică γ la temperatura t și întins pe o deschidere a cu rezistența p, la care, la un moment dat, într'un anumit punct M, situat la distanța x pe orizontală față de A, se adaugă o greutate concentrată suplimentară G simultan cu modificarea condițiilor atmosferice (γ devine γ_0 iar t devine t_0).

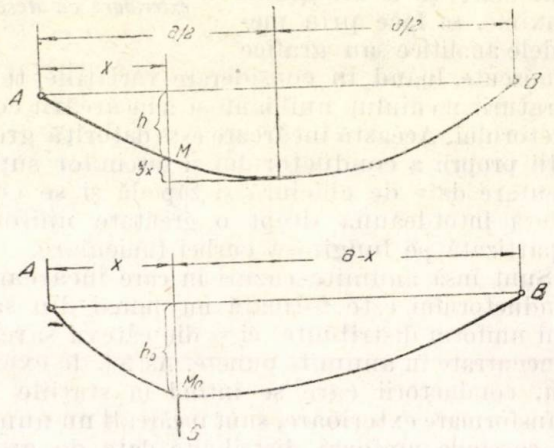


Fig. 2

Datorită acestui fapt forma curbei funiculare se schimbă, iar rezistența în conductor crește dela p la p_0. Deoarece ne menținem la cazul conductorilor din stațiile electrice exterioare, cu deschideri și săgeți foarte mici, se poate face aproximația că pentru a se obține noua curbă funiculară fiecare punct al curbei inițiale se deplasează numai pe verticală. In acest caz punctul M se deplasează în M_0, iar săgeata în aceste puncte, situate la distanța x de A, se modifică dela h la h_0.

In situația inițială, săgeata h în dreptul punctului M rezultă din următoarele relații :

$$f = \frac{\gamma a^2}{8p} \qquad y_x = \frac{\gamma}{2p}\left(\frac{a}{2} - x\right)^2$$

$$h = f - y_x = \frac{\gamma x (a - x)}{2p} \qquad (4)$$

In situația finală, după adăugarea greutății G, curba funiculară este formată din două parabole AM_0 și BM_0 având deschiderile x și $(a - x)$ și aceeași denivelare h_0. Cele două ramuri de curbă vor da în punctul M_0 tracțiunile T_A și T_B (fig. 3), iar din condițiile de echilibru aplicate punctului M_0 rezultă :

$$T_A \cos \alpha = T_B \cos \beta = H_0 = p_0 s$$

(H_0 este tracțiunea orizontală în conductor)

$$T_A \sin \alpha + T_B \sin \beta = G$$

sau

$$V_{MA} + V_{MB} = G$$

Dar V_{MA} și V_{MB} sunt componentele verticale, îndreptate în sus, ale eforturilor pe care conductorii din cele două deschideri x și $a-x$ le exercită asupra punctului M_o, considerat punct de suspensie. Aceste componente verticale se pot calcula cu ajutorul formulelor cunoscute, utilizate la calculul conductorilor liniilor aeriene cu deschideri denivelate :

$$V_{MA} = H \frac{h_0}{x} - \frac{x g_0}{2}$$

$$V_{MB} = H \frac{h_0}{a-x} - \frac{(a-x) g_0}{2} \qquad (5)$$

unde g_0 este încărcarea conductorului pe unitatea de lungime.

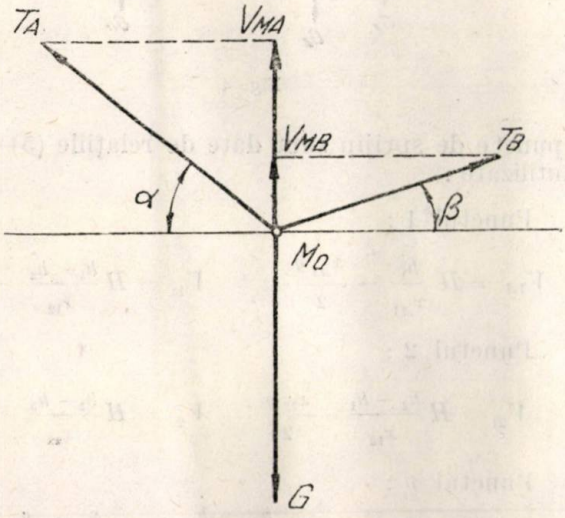


Fig. 3

Din relațiile (5) rezultă prin adunare :

$$G = H h_0 \frac{a}{x(a-x)} - \frac{a g_0}{2}$$

$$h_0 = \frac{x(a-x)}{a p_0 s}\left(G + \frac{a g_0}{2}\right)$$

Notând $2G + a g_0 = P$ se obține :

$$h_0 = \frac{x(a-x) P}{2 a s p_0} \qquad (6)$$

Cunoscând acum săgețile h și h_0 se observă că putem considera izolat numai una din cele două parabole, de exemplu AM de deschidere x, la care adăugarea greutății concentrate G se traduce prin mărirea denivelării dela h la h_0, datorită faptului că punctul de suspensie M se coboară în M_0. Dar pentru această modificare a stării conductorului s'au determinat ecuațiile de stare (3) și (3'). Astfel presupunând că se face trecerea dela conductorul fără sarcina concentrată la situația cu sarcina concentrată G simultan și cu o modificare a condițiilor atmosferice, ecuația de stare (3) aplicată la deschiderea x devine :

$$p_0^3 + p_0^2\left[\frac{x^2\gamma^2 E}{24 p^2}\cos\psi - p + \alpha E(t_0 - t) + E\left(1 - \frac{\cos\psi}{\cos\psi_0}\right)\right] = \frac{x^2\gamma_0^2 E}{24}\cos\psi \qquad (7)$$

în care necunoscutele sunt p_0 și $\cos\psi_0$.

Luând în considerare faptul că în realitate unghiul ψ_0 este foarte mic, deci se poate scrie

$$\operatorname{tg}\psi_0 = \frac{h_0}{x} \cong 2 \operatorname{tg}\frac{\psi_0}{2}$$

rezultă

$$\frac{1}{\cos\psi_0} = \frac{1+\operatorname{tg}^2\frac{\psi_0}{2}}{1-\operatorname{tg}^2\frac{\psi_0}{2}} \cong \frac{1+\frac{h_0^2}{4x^2}}{1-\frac{h_0^2}{4x^2}} \cong 1 + \frac{h_0^2}{2x^2}$$

Inlocuind pe h_0 cu valoarea dată de relația (6) se obține :

$$\frac{1}{\cos\psi_0} \cong 1 + \frac{(a-x)^2 P^2}{8 a^2 s^2 p_0^2} = 1 + k \frac{x^2}{p_0^2}$$

unde

$$k_0 = \frac{(a-x)^2 P^2}{8 a^2 x^2 s^2}$$

Introducând această valoare în ecuația de stare (7) rezultă ecuația de stare definitivă :

$$p_0^3 + p_0^2\left[\frac{x^2\gamma^2 E}{24 p^2}\cos\psi - p + \alpha E(t_0 - t) + E(1 - \cos\psi)\right] = x^2\left(\frac{\gamma_0^2}{24} + k_0\right) E\cos\psi \qquad (8)$$

care permite calculul rezistenței p_0 ce apare în conductor atunci când se atârnă greutatea concentrată suplimentară G.

Trecerea inversă, dela conductorul cu sarcina concentrată la conductorul fără sarcină concentrată se face pornind dela ecuația de stare (3') :

$$p^3 + p^2\left[\frac{x^2\gamma_0^2 E}{24 p_0^2}\cos\psi_0 - p_0 + \alpha E(t - t_0) + E\left(1 - \frac{\cos\psi_0}{\cos\psi}\right)\right] = \frac{x^2\gamma^2 E}{24}\cos\psi_0 \qquad (9)$$

în care necunoscutele sunt p și $\cos\psi$. Deoarece după cum s'a arătat mai sus

$$\frac{1}{\cos\psi} \cong 1 + \frac{h^2}{2x^2}$$

înlocuind pe h cu valoarea dată de relația (4) se obține :

$$\frac{1}{\cos\psi} \cong 1 + \frac{\gamma^2(a-x)^2}{8 p^2} = 1 + k\frac{x^2}{p^2}$$

unde

$$k = \frac{\gamma^2(a-x)^2}{8 x^2}$$

Introducând această valoare în (9) rezultă o ecuație de stare similară cu ecuația (8):

$$p' + p^2\left[\frac{x^2\gamma_0^2 E}{24\,p_0^2}\cos\psi, - p_0 + \alpha E\,(t - t_0) + \right.$$

$$\left. + E\,(1 - \cos\psi_0)\right] = x^2\left(\frac{\gamma^2}{24} + k\right) E\cos\psi_0 \quad (10)$$

In realitate, atunci când se calculează întinderea conductorilor în stațiile electrice exterioare, problema care se pune este complexă, deoarece variază nu numai temperatura și sarcina uniform distribuită pe conductor dar și greutățile concentrate (datorită depunerilor de chiciură). In acest caz se pornește, de exemplu, dela un conductor la temperatura t_0 încărcat cu sarcina uniform distribuită γ_0 și cu o sarcină concentrată G_0, rezistența în conductor fiind p_0, iar calculul se poate executa în două etape. Cu ajutorul unei ecuații de stare de tipul ecuației (10), se determină mai întâi rezistența p'_0 care apare în conductor, la aceeași temperatură t_0 și aceeași încărcare γ_0, dar fără greutate concentrată G_0. Apoi cu ajutorul unei ecuații de tip (9) se determină rezistența p care apare în conductor la temperatura t și încărcarea γ, în locul greutății inițiale G_0 adăugându-se acum o altă greutate G. In definitiv cele două ecuații de stare (9) și (10) permit calculul rezistenței în conductor în orice condiții atmosferice, pentru diferite valori ale greutății concentrate. Deasemenea se poate determina și situația în care greutatea concentrată lipsește, ceeace este uneori folositor la operația de montaj (în unele cazuri greutățile concentrate, cum ar fi legăturile către aparate, se adaugă după montajul conductorului). Este de remarcat că atunci când nu este necesar să se studieze și situația în care greutatea concentrată lipsește, calculul se poate face într'o singură etapă, aplicându-se o ecuație de stare de tip (8), care face în acest caz trecerea dela situația inițială cunoscută când conductorul este încărcat cu o anumită greutate concentrată și are un anumit cos ψ, la situația finală necunoscută în care greutatea concentrată capătă o altă valoare G.

IV Calculul unui conductor încărcat cu o sarcină uniform distribuită și mai multe sarcini concentrate

De cele mai multe ori conductorii din stațiile de transformare exterioare sunt încărcați în fiecare deschidere cu mai multe sarcini concentrate, de care trebue să se țină seama în calcule. Problema determinării rezistenței în conductor în diferite situații se poate rezolva și în acest caz și mai complex, iar pentru demonstrație se poate lua în considerare chiar cazul cel mai general: un conductor încărcat cu o sarcină uniform distribuită și cu n sarcini concentrate așezate oricum în lungul deschiderii (fig. 4). Curba funiculară este formată din $n + 1$ porțiuni de parabole, toate având bine înțeles aceeași tracțiune orizontală. Deci deschiderea AB poate fi descompusă în $n + 1$ deschideri, punctele de suspensie ale greutăților concentrate putând fi considerate drept puncte de sprijin. Componentele verticale ale reacțiunilor date de fiecare porțiune de parabolă în aceste

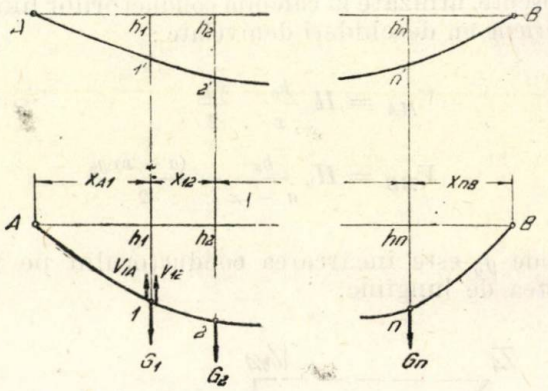


Fig. 4

puncte de sprijin sunt date de relațiile (5) deja utilizate:

Punctul 1:

$$V_{1A} = H\frac{h_1}{x_{A1}} - \frac{x_{A1}\,g}{2} \qquad V_{12} = H\frac{h_1 - h_2}{x_{12}} - \frac{x_{12}\,g}{2}$$

Punctul 2:

$$V_{21} = H\frac{h_2 - h_1}{x_{12}} - \frac{x_{12}\,g}{2} \qquad V_{23} = H\frac{h_2 - h_3}{x_{23}} - \frac{x_{23}\,g}{2}$$

Punctul n:

$$V_{n,n-1} = H\frac{h_n - h_{n-1}}{x_{n-1,n}} - \frac{x_{n-1,n}\,g}{2}$$

$$V_{n,B} = H\frac{h_n}{x_{nB}} - \frac{x_{nB}\,g}{2}$$

Suma celor două componente verticale de ambele părți ale unui punct de sprijin este evident egală cu greutatea concentrată suspendată în punctul respectiv. Rezultă astfel următorul sistem denecuații:

Punctul 1:

$$G_1 = H\left(\frac{h_1}{x_{A1}} + \frac{h_1 - h_2}{x_{12}}\right) - \frac{(x_{A1} + x_{12})\,g}{2}$$

Punctul 2:

$$G_2 = H\left(\frac{h_2 - h_1}{x_{12}} + \frac{h_2 - h_3}{x_{23}}\right) - \frac{(x_{12} + x_{23})\,g}{2}$$

Punctul n:

$$G_n = H\left(\frac{h_n - h_{n-1}}{x_{n-1,n}} + \frac{h_n}{x_{nB}}\right) - \frac{(x_{n-1,n} + x_{nB})\,g}{2} \quad (11)$$

prin rezolvarea căruia se pot calcula cele n necunoscute $h_1, h_2 \ldots h_n$.

Pentru a se aplica ecuația de stare este acum suficient să se ia în considerare numai una din

cele $n + 1$ deschideri, de exemplu deschiderea $A - 1$. Considerând că cele n greutăți concentrate sunt înlăturate, curba funiculară devine o parabolă unică pe întreaga deschidere AB, iar în dreptul punctelor 1, 2,... n, care conform unei aproximații făcute mai sus, se deplasează numai pe verticală în 1', 2',... n', săgețile devin h_1', h_2'... h_n' și se pot calcula cu ajutorul unor relații similare cu relațiile (4). In acest mod, în urma dispariției greutăților concentrate, eventual simultan cu o modificare a condițiilor atmosferice (temperatura și suprasarcina), deschiderea considerată $A - 1$ se transformă în $A - 1'$, adică își modifică denivelarea. Această schimbare este determinată de o ecuație de stare de forma (10), care aplicată deschiderii $A - 1$ respectiv $A - 1'$ devine :

$$p'^2 + p^2\left[\frac{x_{A1}^2\gamma_0^2 E}{24\,p^2}\cos\psi_{A1} - p_0 + \alpha E(t - t_0) + \right.$$

$$\left. + E(1 - \cos\psi_{A1})\right] = x_{A1}^2\left(\frac{\gamma^2}{24} + k\right)E\cos\psi_{A1}$$

$$k = \frac{(a - x_{A1})^2\gamma^2}{8\,x_{A1}^2} \qquad (12)$$

din care rezultă rezistența p.

Trecerea inversă, dela conductorul fără sarcini concentrate la conductorul cu sarcini concentrate se face cu ajutorul unei ecuații de tip (7) :

$$p_0'^2 + p_0^2\left[\frac{x_{A1}^2\gamma^2 E}{24\,p^2}\cos\psi_{A1'} - p + \alpha E(t_0 - t) + \right.$$

$$\left. + E\left(1 - \frac{\cos\psi_{A1'}}{\cos\psi_{A1}}\right)\right] = \frac{x_{A1}^2\gamma_0^2 E}{24}\cos\psi_{A1'} \qquad (13)$$

unde

$$\frac{1}{\cos\psi_{A1}} = 1 + \frac{h_1^2}{2\,x_{A1}^2}$$

iar h_1 se poate calcula din sistemul de ecuații (11).

Este de remarcat faptul că din acest sistem de ecuații (11) rezultă că h_1 conține la numitor rezistența p_0, deci ecuația (13) va căpăta după înlocuirea lui cos ψ_{A1}, o formă similară cu a ecuației (12).

Din ecuația (13) rezultă rezistența p_0, aceeași la toate cele $n + 1$ deschideri, și apoi din aproape în aproape se poate determina întreaga formă a curbei funiculare încărcată cu greutăți concentrate.

Cu ajutorul metodei de calcul expusă mai sus se poate deci determina orice modificare de stare (temperatură și încărcare) la un conductor care pe lângă sarcini distribuite mai are și sarcini concentrate.

V. Echivalența dintre sarcinile concentrate și sarcinile uniform distribuite

Aplicarea metodei de calcul expusă în paragraful precedent la conductorii din stațiile electrice de tip exterior conduce în practică la o serie de dificultăți. Astfel nu numai că metoda în sine este destul de laborioasă, mai ales când numărul de sarcini concentrate este mare, dar la aceste deschideri mici este necesar să se ia în considerare și influența lanțurilor de izolatori de întindere dela capete, în care caz ecuația de stare are o formă cu totul specială. Bine înțeles că rezolvarea problemei în aceste ipoteze, adică ținând seama de efectul lanțurilor de izolatori și de sarcinile concentrate, nu se mai poate face după metoda expusă mai sus și practic o rezolvare exactă este imposibilă. Problema se poate simplifica însă mult dacă sarcinile concentrate se înlocuiesc cu o sarcină uniform distribuită echivalentă, deoarece în acest caz se pot aplica ecuațiile cunoscute valabile pentru conductorii încărcați numai cu sarcini distribuite și care țin seama de influența lanțurilor de izolatori. Intrucât aceste metode de calcul au fost deduse în urma unor numeroase aproximații, necesare pentru a se putea obține relații simple, ușor calculabile, și deoarece în problema întinderii conductorilor în stațiile de transformare nici nu este necesară o precizie prea mare, determinarea sarcinei distribuite care este echivalentă, din anumite puncte de vedere, cu o serie de sarcini concentrate, se va face tot cu aproximație.

Pentru a studia un caz mai general care să permită totuși obținerea unor relații simple, se poate lua în considerare un conductor întins pe o deschidere a, încărcat cu o sarcină uniform distribuită g (kg/m) și cu un număr impar, de exemplu $2n - 1$, de sarcini concentrate G egale între ele. De asemeni se presupune că aceste greutăți concentrate sunt așezate la distanțe egale, adică întreg conductorul este împărțit în $2n$ deschideri egale în care curba funiculară se consideră parabolă, punctele de

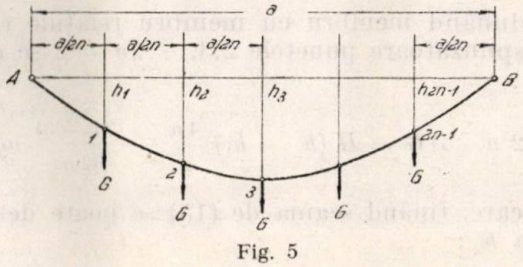


Fig. 5

suspensie ale greutăților fiind echivalente cu puncte de sprijin. Componentele verticale ale reacțiunilor date de fiecare porțiune de parabolă în aceste puncte de sprijin sunt :

Punctul 1 :

$$V_{1A} = Hh_1\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n};\quad V_{12} = H(h_1 - h_2)\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n}$$

Punctul 2 :

$$V_{21} = H(h_2 - h_1)\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n}$$

$$V_{23} = H(h_2 - h_3)\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n}$$

Punctul 3 :

$$V_{.2} = H\,(h_3 - h_2)\,\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n}$$

$$V_{.4} = H\,(h_{\ } - h_{\ i})\,\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n}$$

Punctul $2n - 1$:

$$V_{2n-1,\,2n-2} = H\,(h_{2n-1} - h_{2n-2})\,\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n}$$

$$V_{2n-1,\,B} = H\,h_{2n-1}\,\frac{2n}{a} - \frac{ag}{4n} \qquad (14)$$

în care se știe că suma celor două componente verticale de ambele părți ale unui punct de sprijin este egală cu greutatea suspendată în acel punct, deci :

$$V_{1A} + V_{12} = V_{21} + V_{23} = V_{32} + V_{34} = \ldots = V_{2n-1,\,2n-2} + V_{2n-1,\,B} = G$$

Deasemeni, din cauza distribuției regulate a greutăților concentrate pe deschiderea a, este evident că mijlocul deschiderii este un ax de simetrie al figurii, deci :

$$h_1 = h_{2n-1} \qquad h_2 = h_{2n-2} \qquad h_i = h_{2n-i}$$

Adunând toate relațiile (14) membru cu membru și ținând seama de observațiile de mai sus se obține :

$$(2n - 1)\,G = Hh_1\,\frac{4n}{a} - \frac{(2n-1)\,ag}{2n}$$

de unde se poate determina h_1

$$\frac{4n}{a}\,Hh_1 = (2n - 1)\,G + \frac{(2n-1)}{2n}\,ag \qquad (15)$$

Adunând membru cu membru relațiile (14) corespunzătoare punctele $2,3,\ldots 2n - 2$ se obține :

$$(2n - 3)\,G = H\,(h_{\ } - h_1)\,\frac{4n}{a} - \frac{(2n-3)}{2n}\,ag$$

din care, ținând seama de (15) se poate determina h_2 :

$$\frac{4n}{a}\,Hh_2 = 2\,(2n - 2)\,G + \frac{2\,(2n-2)}{2n}\,ag \qquad (16)$$

Adunând membru cu membru relațiile (14) corespunzătoare punctelor $3,4,\ldots 2n - 3$ se obține :

$$(2n - 5)\,G = H\,(h_3 - h_2)\,\frac{4n}{a} - \frac{(2n-5)\,ag}{2n}$$

$$\frac{4n}{a}\,Hh_3 = 3\,(2n - 3)\,G + \frac{3\,(2n-3)}{2n}\,ag \qquad (17)$$

Mergând pe această cale se pot determina succesiv toate săgețile în dreptul punctelor de suspensie ale greutăților concentrate. Săgeata maximă este în dreptul punctului n care se găsește în mijlocul deschiderii a, și are valoarea :

$$\frac{4n}{a}\,Hh_n = n\,(2n - n)\,G + \frac{n\,(2n-n)}{2n}\,ag$$

$$H\,h_n = \frac{naG}{4} + \frac{a^2 g}{8}$$

Știind că $H = ps$ (produsul dintre rezistență și secțiune) și notând $P_n = ag + 2\,nG$ rezultă :

$$h_n = \frac{a\,P_n}{8\,p\,s} \qquad (18)$$

Presupunem acum că conductorul din deschiderea AB este încărcat cu o sarcină uniform distribuită g_e, care înlocuește sarcina uniform distribuită proprie g a conductorului și cele $2n - 1$ sarcini concentrate.

Condiția de echivalență este ca sub influența acestei sareini g_e conductorul să capete aceeași săgeată maximă h_n și aceeași rezistență p ca și în cazul în care este încărcat cu sarcini concentrate. Este de remarcat însă că în general aceste două condiții (săgeata și rezistența) nu pot fi îndeplinite simultan. Considerând că aceste două condiții sunt simultane se face o aproximație, care este cu atât mai mică cu cât numărul de greutăți concentrate este mai mare. In schimb această aproximație permite obținerea unor relații foarte simple. Ținând seama de cele spuse mai sus săgeata maximă h_n se mai poate scrie

$$h_n = \frac{a^2 g_e}{8\,p\,s} \qquad (19)$$

Din relațiile (18) și (19) rezultă valoarea sarcinei distribuite echivalente g_e :

$$g_e = \frac{1}{a}\,(2\,nG + ag) \qquad (20)$$

Notând cu G_t suma tuturor greutăți.or concentrate și cu N numărul acestor greutăți, adică :

$$G_t = (2n - 1)\,G = NG$$

se obține :

$$g_e = \frac{1}{a}\left(\frac{N+1}{N}\,G_t + ag\right) = \frac{N+1}{N}\cdot\frac{G_t}{a} + g \qquad (21)$$

Se observă că această sarcină echivalentă este formată dintr'un termen fix, care reprezintă greutatea proprie a conductorului, eventual inclusiv suprasarcina, și dintr'un termen care reprezintă aportul greutăților concentrate și care depinde de numărul acestor greutăți. Datorită factorului $\frac{N+1}{N}$ greutatea echivalentă uniformă distribuită este mai mare decât suma greutăților cu care este încărcat în mod real conductorul, această diferență fiind cu atât mai mare cu cât numărul greutăților concen-

trate este mai mic (de exemplu pentru $N = 1$ greutatea concentrată se înlocuieşte cu o greutate distribuită de valoare dublă). Dacă însă numărul greutăţilor concentrate este mare, coeficientul $\frac{N+1}{N}$ se apropie de unitate şi greutatea echivalentă devine egală cu suma greutăţilor care solicită conductorul.

Deşi întreg acest calcul s'a făcut considerând conductorul încărcat cu un nnmăr impar de greutăţi egale şi egal distanţate, totuşi el se poate aplica cu suficient de bună aproximaţie şi pentru cazurile reale în care numărul greutăţilor concentrate este par sau impar, aceste greutăţi având valori diferite şi nefiind egal distanţate. De remarcat că în acest caz este avantajos să se întrebuinţeze relaţiile sub forma (21).

VI. Concluzii

In urma rezultatelor expuse în prezentul studiu se pot menţiona următoarele concluzii :

a) Ecuaţiile (8) şi (10) deduse în paragraful III permit să se studieze modificarea stării unui conductor care pe lângă sarcina uniform distribuită obişnuită mai este încărcat şi cu o greutate concentrată. Prin modificare de stare se înţelege orice schimbare a temperaturii, a sarcinii uniform distribuite pe conductor şi chiar a greutăţii concentrate. Bine înţeles ecuaţiile de stare menţionate permit să se calculeze numai rezistenţa în conductor, cu ajutorul căreia însă se pot apoi determina toate celelalte elemente ale curbei funiculare. Este de remarcat că aceste ecuaţii de stare speciale au o formă foarte apropiată de ecuaţia de stare obişnuită, utilizată la calculul liniilor electrice aeriene.

b) Cu ajutorul metodei expuse în paragraful IV se poate studia modificarea stării unui conductor încărcat cu mai multe sarcini concentrate, aşezate oricum în lungul deschiderii, deci se poate rezolva problema sub forma cea mai generală.

c) Deoarece în cazul conductorilor din staţiile electrice exterioare, datorită deschiderilor mici nu se poate neglija influenţa lanţurilor de izolatori dela capete, în cazul existenţei greutăţilor concentrate sistemele de rezolvare cunoscute nu pot fi aplicate. De aceea cu ajutorul relaţiilor (20) şi în special (21) se poate determina o sarcină uniform distribuită fictivă echivalentă a tuturor sarcinilor distribuite sau concentrate cu care este încărcat conductorul în realitate.

d) Toate ecuaţiile şi metodele de rezolvare expuse nu sunt exacte, ci au fost deduse pe baza unor anumite aproximaţii. Din acest punct de vedere trebue remarcat că în cea mai mare parte a cazurilor, calculul mecanic al conductorilor liniilor electrice aeriene se face utilizând o serie de aproximaţii, care au scopul de a uşura efectuarea calculelor. Având în vedere că studiul de faţă se aplică la conductorii din staţiile electrice exterioare, cu deschideri şi săgeţi mici, aproximaţiile făcute sunt cu atât mai acceptabile.

Deasemenea aproximaţiile făcute în determinarea sarcinii distribuite echivalente pot fi considerate suficient de bune, deoarece scopul practic nu este de a face un calcul exact, ci numai de a determina valori apropiate pentru tracţiunea în conductor, care serveşte la dimensionarea stâlpilor şi pentru săgeată necesară la calculul distanţelor.

Este de remarcat că cea mai mare eroare care se face în acest caz este datorită metodelor aproximative de calcul care se utilizează pentru a lua în considerare efectul lanţurilor de izolatori. De aeeea formula (21) poate fi considerată ca aplicabilă în orice caz practic, în care conductorul este încărcat cu un număr oarecare de greutăţi concentrate diferite, aşezate neregulat în lungul deschiderii.

★

МЕХАНИЧЕСКИЙ РАССЧЕТ ПРОВОДОВ НАРУЖНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ, ПРИНИМАЯ ВО ВНИМАНИЕ ЭФФЕКТ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ НАГРУЗОК

Резюме

В настоящей работе автор предлагает метод определения уравнения состояния и вообще, метод рассчета проводов нагруженных равномерно распределенными нагрузками и сосредоточенными нагрузками при изменении атмосферных условий; указываются применения к проводам наружних электрических подстанций, с малыми пролетами и стрелами провеса.

CONSIDERAȚII ASUPRA REGULATORILOR DE TENSIUNE DE TIP REOSTATIC, CU SECTOARE MOBILE

Ing. D. MARTAC și Ing. C. MIHĂILEANU

Se precizează câteva chestiuni în legătură cu funcționarea regulatorilor de tensiune reostatici cu sectoare alunecătoare. In special este studiată variația gradului de statism al caracteristicelor reglate în funcție de construcția mecanică a regulatorului — variația cuplului său rezistent — și de modurile de conexiune ale regulatorului. Se remarcă clarificarea unor anumite noțiuni în legătură cu tipul de regulator susmenționat pentru a se face posibilă înțelegerea funcționării lui în scopul unei exploatări cât mai judicioase.

I. Generalități

Articolul de față se referă la funcționarea regulatorilor de tensiune reostatici cu sectoare mobile. Se urmărește scopul de a se preciza câteva noțiuni de bază ale sistemelor de reglaj aplicate la acest tip regulator de tensiune.

Noțiunile care vor fi luate în discuție sunt următoarele :

1. Caracteristici de funcționare.
2. Stabilitatea statică a sistemului de reglaj.
3. Statismul sau astatismul caracteristicelor de reglaj.
4. Reglaj simplu și reglaj complex (compensare, stabilizare, compoundare).

Considerațiile făcute în cadrul prezentului articol se pot extinde și la alte categorii de regulatori.

Regulatorul de tensiune de tip reostatic cu sectoare mobile este reprezentat în fig. Nr. 1.

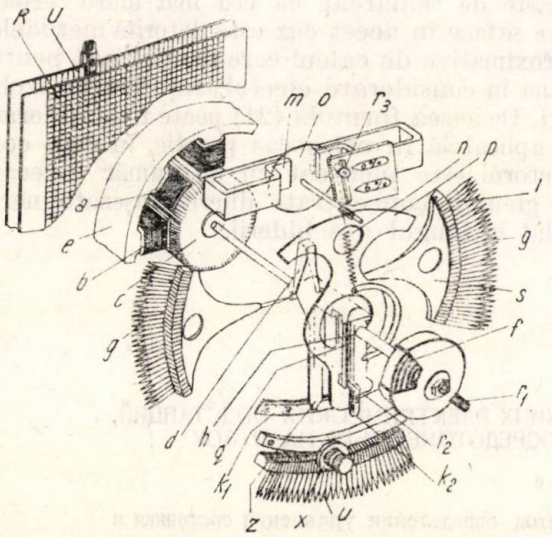


Fig. 1. Regulator de tensiune de tip reostatic cu sectoare mobile :

a = Înfășurarea principală; *b* = Înfășurarea auxiliară; *c* = Tambur mobil; *d* = Resort de sprijin al sectoarelor cu lagăr cu piatră; *e* = Miez de fier în tole; *f* = Resort principal; *g* = elemente de rezistență; k_1 = Scară pentru poziția sistemului mobil; k_2 = Scară pentru reglajul aservirei; *l* = Cale de rostogolire; *m* = Magnet permanent de amortizare; *n* = Resort adițional; *o* = Disc de amortizare; *p* = Sector de rapel; *q* = Resort de aservire; r_1 = Șurub de reglaj al resortului principal; r_2 = Șurub de reglaj pentru aservire; r_3 = Șurub de reglaj pentru statism; *s* = Sectoare de contact; *u* = Rezistență de compensație; *x* = Cursor; *z* = Index; *R* = Rezistență auxiliară; *U* = Rezistență în serie.

Acest regulator, în diverse variante constructive, poate fi utilizat pentru reglarea diverselor mărimi printre care cităm :

1. Tensiunea generatorilor de curent continuu.
2. Tensiunea generatorilor de curent alternativ (mono bi- sau trifazat).
3. Intensitatea curentului debitat de generatorii de curent continuu.
4. Intensitatea curentului debitat de generatorii de curent alternativ (monobi- sau trifazat).
5. Intensitatea curentului la cuptoare electrice cu arc.
6. Puterea activă debitată de un generator electric sau de un grup de generatori.
7. Puterea reactivă debitată de un alternator sau de un grup de alternatori.
8. Factorul de putere sub care debitează un alternator ;
9. Rezistența electrică a cuptoarelor cu arc.
10. Frecvența alternatorilor antrenați de turbine sau motoare electrice.
11. Viteza motoarelor de curent continuu.

Dintre aceste multiple funcțiuni pe care le poate îndeplini regulatorul reostatic cu sectoare mobile, articolul de față se referă numai la una singură și anume : Reglarea tensiunei la bornele unui generator de curent alternativ trifazat.

II. Funcționarea mecanică a regulatorului reostatic cu sectoare mobile

Funcționarea mecanică a regulatorului reostatic cu sectoare mobile se poate urmări pe figura Nr. 1.

Asupra axului *a* se exercită cuplul motor al regulatorului care va fi notat cu C_m.

El tinde să rotească axul regulatorului în sensul orar astfel încât indexul *q* solidar cu axul *a* să se așeze în dreptul poziției 4 al scării k_1 pentru indicarea poziției sistemului mobil.

Tot asupra axului *a* se exercită și cuplul rezistent care va fi notat cu C_r. Acest cuplu rezistent, exercitat de resoartele *f* și *n*, tinde să rotească axul *a* în sensul antiorar astfel încât indexul *Z* solidar cu axul *a* să se așeze în dreptul poziției 0 a scării k_1 pentru indicarea poziției sistemului mobil.

Pentru a se defini poziția sistemului mobil al regulatorului se va nota cu α unghiul făcut de indexul *Z* cu dreapta ce trece prin axul *a* și poziția 4 a scării k_1.

Rezultă că atunci când indexul *Z* se găsește în dreptul poziției 4 unghiul α este nul și că atunci când indexul *Z* se găsește în dreptul poziției 0 unghiul α are valoarea maximă α_{max}.

Pentru $\alpha = 0$, adică pentru poziția în care indexul *Z* se găsește în dreptul poziției 4 întreaga rezistență a regulatorului se găsește în circuit.

Pentru $\alpha = \alpha_{max}$, adică pentru poziția în care indexul Z se găsește în dreptul poziției 0, întreaga rezistență a regulatorului este scurtcircuitată.

III. Ecuațiile generale ale caracteristicelor de funcționare

1. DEFINIȚII

Vom preciza câteva noțiuni generale ce stau la baza unui sistem de reglaj cu exemplificare în cazul reglării tensiunei unui generator electric de curent alternativ :

a) *Mărimea ce trebue reglată.* In cazul nostru, această mărime este tensiunea la bornele generatorului, notată cu U ;

b) *Parametrii* de care depinde mărimea ce trebue reglată, atât timp cât nu există reglaj. Acești parametri vor fi denumiți *parametri naturali.* In cazul nostru, printre acești parametri cităm :

— Curentul de excitație I_{ex} sau o altă mărime din circuitele de excitație eare determină pe I_{ex} cum ar fi de exemplu unghiul α definit mai sus ;

— Componenta activă a curentului debitat de generator I_a, sau puterea activă debitată P ;

— Componenta reactivă a curentului debitat de generator I_r, sau puterea reactivă debitată Q.

2. FUNCȚIONAREA SISTEMULUI FĂRĂ REGLAJ

Inainte de introducerea reglajului, mărimea ce trebue reglată variază în funcție de parametrii naturali cari la rândul lor pot varia în mod arbitrar.

Această dependență se exprimă în cazul nostru printr'o ecuație de forma :

$$U = \psi\ (\alpha, b_1, b_2, \ldots b_n) \qquad (1)$$

Prin b_1, b_2, ... b_n s'au notat toți parametrii naturali de care depinde U cu excepția lui α (unghiul α având semnificația unghiului definit în paragraful II).

Considerând succesiv în ecuația (1) toți parametrii naturali constanți, cu excepția unuia dintre ei se obțin ecuații de forma :

$$U = \psi_0\,(\alpha) \qquad (2)$$

$$U = \psi_i\,(b_i) \text{ unde } i = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (3)$$

Vom numi ecuațiile (2) și (3) caracteristicele externe naturale ale generatorului.

Există deci atâtea caracteristici externe naturale câți parametri naturali sunt și pentru fiecare din acești parametri se poate trasa o familie de curbe pentru diferite valori constante ale celorlalți parametri naturali.

De un deosebit interes pentru studiul reglajului sunt derivatele parțiale ale tensiunei U în raport cu parametrii b_i și anume

$$\frac{\partial \psi}{\partial b_1}, \frac{\partial \psi}{\partial b_2}, \frac{\partial \psi}{\partial b_3}, \ldots, \frac{\partial \psi}{\partial b_n}$$

Pentru calculul acestor derivate vom explicita pe α din relația (1) obținând

$$\alpha = \chi\,(U, b_1, b_2, \ldots, b_n) \qquad (4)$$

Pentru înțelegerea semnificației acestei funcțiuni vom presupune că regulatorul este montat în circuitul de excitație al generatorului având însă echipajul mobil fixat într'o poziție α oarecare. Prin aceasta el își pierde funcțiunea de regulator jucând rolul unui reostat de câmp. In această ipoteză funcțiunea (4) reprezintă unghiul α la care trebue fixat echipajul mobil al regulatorului pentru a obține o tensiune U la bornele generatorului când ceilalți parametri naturali au valorile respective $b_1, b_2, b_3 \ldots, b_n$.

Pentru a obține expresia derivatei $\frac{\partial \psi}{\partial b_i}$ din ecuația (4) vom considera constanți pe α și pe ceilalți parametri în afară de b_i.

Obținem atunci derivând pe (4) :

$$0 = \frac{\partial \chi}{\partial b_i} + \frac{\partial \chi}{\partial U} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial b_i} \qquad (5)$$

Din ecuația (5) deducem expresia derivatei parțiale căutate :

$$\frac{\partial \psi}{\partial b_i} = - \frac{\frac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \qquad (6)$$

Valoarea acestor derivate ne dă o indicație asupra influenței diferite pe care o au diverșii parametri naturali b_i asupra mărimii U ce trebue reglată.

3. FUNCȚIONAREA SISTEMULUI CU REGLAJ

Scopul reglajului este de a modifica dependența naturală a tensiunei în funcție de parametrii b_i și eventual de a o face dependentă și de alți parametri suplimentari (de exemplu curentul debitat pe o linie) care vor fi notați cu d_k $(k = 1, 2 \ldots p)$.

Prin reglaj se realizează o micșorare a gradului de dependență a tensiunei în funcție de parametrii b_i.

Reglajul în cazul de față se efectuează în felul descris mai jos :

Echipajul mobil al regulatorului este supus acțiunei a două cupluri antagoniste, cuplul motor C_m și cuplul rezistent C_r.

Cuplul motor C_m se face dependent atât de tensiunea U ce trebue reglată cât și eventual de unii din parametrii b_i (curent activ I_a, curentul reactiv I_r). Această dependență se exprimă într'o formă generală prin funcțiunea :

$$C_m = f\,(U, b_1, b_2, b_3, \ldots, b_n) \qquad (7)$$

Cuplul rezistent este funcție numai de unghiul α.

Funcția : $$C_r = \varphi\,(\alpha) \qquad (8)$$

reprezintă variația cuplului rezistent în funcție de poziția regulatorului.

Condiția de echilibru a echipajului mobil a regulatorului este :

$$C_m = C_r \qquad (9)$$

Inlocuind pe (7) și (8) în ecuația (9) obținem :

$$f\,(U, b_1 b_2, \ldots, b_n) = \varphi\,(\alpha) \qquad (10)$$

Introducând în membrul al doilea al relației (10) relația (4) obținem :

$$f\,(U, b_1, b_2, \ldots, b_n) = \varphi\,[\chi\,(U, b_1, b_2, \ldots, b_n)] \qquad (11)$$

Din relația (11) se poate deduce explicitând pe U :

$$U = F(b_1, b_2, \ldots, b_n) \qquad (12)$$

Relația (12) reprezintă dependența tensiunei U în funcție de parametrii b_i după introducerea reglajului.

Comparația lui (12) cu (1) ne arată tocmai efectul reglajului. Se vede că dependența lui U de parametrii b_i este modificată, funcția $F(b_1, b_2, \ldots, b_n)$ fiind alta decât funcția $\psi(\alpha, b_1, b_2, \ldots, b_n)$.

Deasemenea se vede că tensiunea U nu mai depinde în mod explicit de α. Unghiul α are însă o variație bine determinată în funcție de parametrii b_i, variație care se poate deduce din (10) prin înlocuirea lui U cu expresia (12).

Considerând în relația (12) succesiv toți parametrii constanți cu excepția unuia dintre ei se obțin ecuații de forma :

$$U = F_i(b_i) \qquad (13)$$

Vom numi ecuațiile (13) caracteristici externe reglate ale generatorului.

Vom calcula derivatele $\frac{\partial F}{\partial b_i}$ ale tensiunei reglate în raport cu diverșii parametri b_i spre a le compara cu derivatele $\frac{\partial \psi}{\partial b_i}$ ale tensiunei generatorului fără reglaj în funcție de aceiași parametri, derivate cari au fost calculate la paragraful III punctul 2.

Pentru aceasta vom introduce relația (12) în relația (11), obținând :

$$f[F(b_1, b_2, \ldots, b_n), b_1, b_2, \ldots, b_n] = \varphi\{\chi[F(b_1, b_2 \ldots b_n), b_1, b_2, \ldots, b_n]\} \qquad (14)$$

Derivând relația (14) în raport cu b_i ($i = 1, 2, \ldots n$) obținem :

$$\frac{\partial f}{\partial U} \cdot \frac{\partial F}{\partial b_i} + \frac{\partial f}{\partial b_i} = \varphi' \left[\frac{\partial \chi}{\partial U} \cdot \frac{\partial F}{\partial b_i} + \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \right] \qquad (15)$$

De aci deducem : $$\frac{\partial F}{\partial b_i} = - \frac{\frac{\partial \chi}{\partial b_i} - \frac{1}{\varphi'} \frac{\partial f}{\partial b_i}}{\frac{\partial \chi}{\partial U} - \frac{1}{\varphi'} \frac{\partial f}{\partial U}}$$

Efectul reglajului se poate urmări comparând derivatele $\frac{\partial \psi}{\partial b_i}$ din (6) cu derivatele $\frac{\partial F}{\partial b_i}$ din (16).

Se observă din compararea celor două expresii că efectul reglajului se traduce prin introducerea unor termeni suplimentari atât la numitorul cât și la numărătorul fracției din (6).

Acești termeni suplimentari depind de trei mărimi și anume :

φ' care exprimă gradul de dependență al cuplului rezistent în funcție de unghiul α ;

$\frac{\partial f}{\partial U}$ care exprimă gradul de dependență al cuplului motor al regulatorului în funcție de tensiunea U la bornele generatorului ;

$\frac{\partial f}{\partial b_i}$ care exprimă gradul de dependență al cuplului motor al regulatorului în funcție de parametrul b_i respectiv.

In legătură cu semnificația mărimii φ' se vor da câteva precizări legate de realizarea constructivă a regulatorului. Pentru aceasta, s'a trasat în fig. 3 curba $C_r = \varphi(\alpha)$, în ipoteza simplificatoare că această curbă este o linie dreaptă

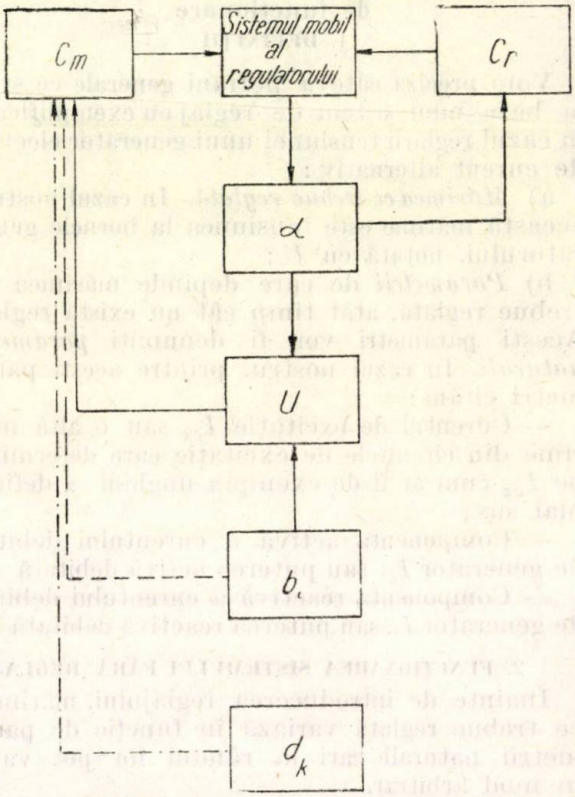


Fig. 2

Această aproximație este foarte apropiată de realitate. Cuplul rezistent C_r este datorit acțiunii combinate a celor două resoarte : principal f și adițional n (vezi fig. 1). Resortul principal f are o acțiune preponderentă în componența cuplului rezistent. Cuplul excitat de acest raport variază linear în funcție de α, având o valoare maximă pentru $\alpha = 0$ și o valoare minimă pentru $\alpha = \alpha_{max}$. Reiese deci că valoarea cuplului rezistent datorit resortului principal f scade odată cu creșterea lui α. Resortul adițional are rolul de a compensa variația de cuplu datorit resortului principal, prin adăugirea unui cuplu suplimentar care realizează un cuplu rezistent total constant sau cu o alură mai puțin căzătoare în raport cu α.

Din examinarea figurei 3 se poate scrie relația :

$$\varphi' = -\operatorname{tg}\beta = -\frac{\varphi(0) - \varphi(\alpha_{max})}{\alpha_{max}} = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta\alpha} \qquad (17)$$

Prin introducerea noțiunei de grad de statism al regulatorului :

$$k = \frac{\Delta\varphi}{\varphi(0)} \qquad (18)$$

expresia (17) devine :

$$\varphi' = -k \frac{\varphi(0)}{\Delta\alpha} \qquad (19)$$

Variația lui φ' se face în mod practic modificând tensiunea resortului adițional n, prin deplasarea cursorului r_2 (vezi fig. 1).

Prin aceasta se modifică gradul de statism al regulatorului. In realizările constructive uzuale

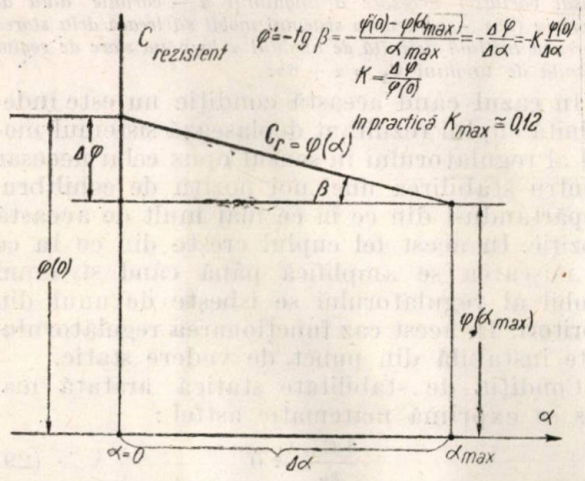


Fig. 3

gradul de statism al regulatorului poate fi variat în limitele 0 până la 0,12.

Aceste trei mărimi sunt factorii determinanți prin care se manifestă acțiunea de reglaj.

Pentru o mai bună înțelegere a interdependenței mărimilor precizate mai sus este redat schematic în fig. Nr. 2 sistemul de reglaj studiat în articolul de față.

In această figură se vede cum sistemul mobil al regulatorului este supus în mod continuu acțiunei celor două cupluri antagoniste C_m (cuplul motor) și C_r (cuplul rezistent). Sub această acțiune combinată a celor două cupluri regulatorul modifică tensiunea U prin intermediul curentului de excitație (reprezentat prin poziția sistemului mobil al regulatorului : unghiul α).

Tensiunea U este dependentă, în afară de unghiul α, și de ceilalți parametri naturali b_i cari pot varia independent de acțiunea regulatorului. Din punct de vedere al acțiunei de reglare parametrii naturali definiți în paragraful III punctul 1 se pot împărți în :

a) *Parametrii naturali activi* a căror variație este determinată direct de acțiunea regulatorului. (In cazul nostru curentul de excitație I_{ex} sau o altă mărime din circuitele de excitație care determină pe I_{ex}, cum ar fi de exemplu unghiul α definit în paragraful II). Prin intermediul parametrilor naturali activi se transmite acțiunea regulatorului asupra mărimii ce trebue reglată (în cazul nostru tensiunea U).

b) *Parametri naturali pasivi* a căror variație este independentă de acțiunea regulatorului dar influențează mărimea ce trebue reglată. (In cazul nostru parametrii b_i (i = 1,2, . . . 3) de exemplu componenta activă a curentului debitat de generator I_a, componenta reactivă a aceluiaș curent I_r, etc.). Tot din figura 2 se poate vedea dependența cuplului rezistent C_r al regulatorului numai de unghiul α. Cuplul motor C_m al regulatorului este în primul rând dependent de mărimea ce trebue reglată. (In cazul nostru tensiunea U). Denumim reglaj simplu un sistem de reglaj la care cuplul motor C_m al regulatorului depinde exclusiv de mărimea ce trebue reglată (In figura 2 reglajul simplu este reprezentat prin legăturile trasate cu linii pline).

Cuplul motor C_m al regulatorului poate fi însă făcut dependent în diferite moduri și de alte mărimi.

Denumim reglaj complex un sistem de reglaj la care cuplul motor C_m al regulatorului este făcut dependent și de alte mărimi în afară de o mărime ce trebue reglată.

Aceste mărimi suplimentare ce intervin în reglajul complex pot fi :

— o parte sau totalitatea parametrilor naturali pasivi notați b_i

— alți parametri pe care îi vom denumi parametri suplimentari ce nu au o influență directă asupra mărimii ce trebue reglată. Acești parametrii au fost notați cu d_k pe figura 2. (Un exemplu de parametru d_k poate fi în cazul nostru curentul debitat pe o linie de plecare dela barele pe care debitează generatorul considerat).

In figura 2 dependențele suplimentare introduse datorită reglajului complex sunt reprezentate prin linii întrerupte.

Asupra reglajului simplu și complex se revine în cadrul articolului de față la paragraful VI.

IV. Condiția de stabilitate statică

Distingem în funcționarea unui regulator reostatic două regimuri de funcționare :

a) un regim permanent definit prin totalitatea stărilor de repaus ale sistemului mobil al regulatorului ;

b) un regim transitoriu definit ca o perioadă de trecere dela o stare de repaus a sistemului mobil la o altă stare de repaus.

La anumite valori determinate atât ale parametrilor naturali pasivi b_i cât și a parametrilor suplimentari d_k, regulatorul se găsește într'o stare de regim permanent.

Când una sau mai multe din valorile parametrilor menționați mai sus variază, sistemul mobil al regulatorului se pune în mișcare și tinde să se așeze într'o poziție corespunzâtoare noii stări de regim permanent determinată de noul ansamblu al valorilor parametrilor b_i și d_k.

In intervalul de timp în care sistemul mobil al regulatorului se află în mișcare trecând dela o poziție de repaus corespunzătoare vechei stări de regim la altă poziție de repaus corespunzătoare noii stări de regim permanent, regulatorul se află în regim de funcționare tranzitoriu.

Considerațiile cuprinse în acest articol se referă numai la regimul permanent de funcționare al regulatorului reostatic.

Deasemenea considerațiile în legătură cu stabilitatea regulatorului se vor face numai avându-se în vedere *stabilitatea statică* prin considerarea a două poziții de repaus infinit vecine ale sistemului mobil.

Să considerăm sistemul mobil al regulatorului într'o poziție de repaus corespunzătoare unei

stări de regim permanent definită prin valorile C_m, C_r, b_i, α și U ale mărimilor luate în considerare mai sus.

Din egalitatea cuplurilor, putem scrie :

$$C_m = C_r \tag{20}$$

Să presupunem că are loc o variație infinit mică a unuia singur dintre parametrii b_i, și anume a parametrului b_p, toți ceilalți parametri naturali, inclusiv excitația α, rămânând în primul moment constanți.

Dacă parametrul b_p a variat cu δb_p, are loc o variație corespunzătoare a lui U în conformitate cu relația (1). Tensiunea devine :

$$U_1 = U + \delta U = \psi(\alpha, b_1, b_2, \ldots, b_p + \delta b_p, \ldots, b_n] \tag{21}$$

Ca urmare la aceasta, se modifică cuplul motor C_m al regulatorului datorită variației lui b_p atât direct cât și prin intermediul lui U.

Cuplul motor devine după formula (7) :

$$C_{m1} = C_m + \delta C_m = f[U + \delta U, b_1, b_2, \ldots, b_p + \delta b_p, \ldots, b_n) \tag{22}$$

sau considerând formula 21) :

$$C_{m1} = C_m + \delta C_m = f[\psi(\alpha, b_1, b_2, \ldots, b_p + \delta b_p, \ldots, b_n)\ b_1, b_2, \ldots, b_p + \delta b_p, \ldots b_n] \tag{23}$$

Cuplul rezistent al regulatorului $C_r = \varphi(\alpha)$ rămâne neschimbat atâta timp cât regulatorul nu și-a modificat poziția.

Egalitatea dintre cuplul motor și cuplul rezistent dispare și apare un cuplu rezultant care — dacă este considerat pozitiv în același sens în care și cuplul motor este considerat ca pozitiv — se exprimă astfel :

$$\delta C_{rez} = C_m + \delta C_m - C_r = \delta C_m \tag{24}$$

Acest cuplu tinde să acționeze asupra sistemului mobil al regulatorului făcându-l să-și caute o nouă poziție de echilibru prin schimbarea lui α.

Cuplul rezultant se mai poate scrie ținând seama de relația (23) :

$$\delta C_{rez} = \delta C_m = \left(\frac{\partial f}{\partial U} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial b_p} + \frac{\partial f}{\partial b_p}\right) \delta b_p \tag{25}$$

In starea inițială de regim permanent poziția sistemului mobil al regulatorului (unghiul α) era definită prin ecuația (4) în care U era determinat în funcție de parametrii naturali pasivi prin relația (12). Din combinația acestor două relații obținem pentru unghiul α corespunzător stării inițiale de regim permanent valoarea

$$\alpha = \chi[F(b_1, b_2, \ldots, b_p, \ldots, b_n), b_1, b_2, \ldots b_p, \ldots, b_n] \tag{26}$$

Noua poziție de repaus la care va trebui să se stabilească sistemul mobil al regulatorului este poziția corespunzătoare stării de regim permanent la care toți parametrii naturali pasivi au aceeași valoare ca în starea inițială de regim, cu excepția lui b_p care a devenit $b_p + \delta b_p$.

La această nouă stare de regim unghiul α devine α_1 și avem :

$$\alpha_1 = \alpha + \delta\alpha = \chi[F(b_1, b_2, \ldots, b_p + \delta b_p, \ldots b_n)\ b_1, b_2, \ldots, b_p + \delta b_p, \ldots, b_n] \tag{27}$$

Din relația (27) deducem :

$$\delta\alpha = \left(\frac{\partial \chi}{\partial U} \cdot \frac{\partial F}{\partial b_p} + \frac{\partial \chi}{\partial b_p}\right) \delta b_p \tag{28}$$

Condiția de stabilitate statică a regulatorului este ca sensul cuplului rezultant δC_{rez} dat de expresia (25) să fie același cu sensul variației necesare a unghiului α — variație dată de expresia (28) — pentru ca sistemul mobil să treacă dela starea de regim inițială definită de unghiul α la noua stare de regim definită de unghiul $\alpha_1 = \alpha + \delta\alpha$.

In cazul când această condiție nu este îndeplinită cuplul rezultant deplasează sistemul mobil al regulatorului în sensul opus celui necesar pentru stabilirea unei noi poziții de echilibru, depărtându-l din ce în ce mai mult de această poziție. In acest fel cuplul crește din ce în ce și mișcarea se amplifică până când sistemul mobil al regulatorului se isbește de unul din opritori. In acest caz funcționarea regulatorului este instabilă din punct de vedere static.

Condiția de stabilitate statică arătată mai sus se exprimă matematic astfel :

$$\frac{\delta C_{rez}}{\delta\alpha} \gtrless 0 \tag{29}$$

după cum sensul pozitiv în care se măsoară α și C_{rez} [respectiv C_m conform ipotezei făcute la scrierea lui (24)] este identic sau contrariu.

Cum în regulatorii reostatici de tipul considerat cuplul motor C_m este pozitiv în sensul orar iar unghiul α prin definiție este pozitiv în sensul antiorar, condiția de stabilitate statică în cazul nostru se scrie astfel :

$$\frac{\delta C_{rez}}{\delta\alpha} < 0 \tag{30}$$

Din (25) și (28) introduși în (30) obținem

$$\frac{\frac{\partial f}{\partial U} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial b_p} + \frac{\partial f}{\partial b_p}}{\frac{\partial \chi}{\partial U} \frac{\partial F}{\partial b_p} + \frac{\partial \chi}{\partial b_p}} < 0 \tag{31}$$

Derivata $\frac{\partial \psi}{\partial b_p}$ se poate pune sub altă formă. Intr'adevăr ținând seama că expresia (25) pentru δC_{rez} este obținută în ipoteza că sistemul mobil nu s'a rotit încă (deci α = const) obținem din (4) și (1) :

$$\frac{\partial \chi}{\partial U} \frac{\partial \psi}{\partial b_p} + \frac{\partial \chi}{\partial b_p} = 0 \tag{32}$$

sau

$$\frac{\partial \psi}{\partial b_p} = -\frac{\frac{\partial \chi}{\partial b_p}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \tag{33}$$

Introducând (33) și (16) în care b_i a fost înlocuit cu b_p în (31) condiția de stabilitate devine :

$$\frac{-\frac{\frac{\partial \chi}{\partial b_p}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \frac{\partial f}{\partial U} + \frac{\partial f}{\partial b_p}}{\frac{\partial \chi}{\partial U} \frac{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial b_p} + \frac{\partial f}{\partial b_p}}{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial U} - \frac{\partial f}{\partial U}} + \frac{\partial \chi}{\partial b_p}} < 0 \tag{34}$$

Prelucrând expresia (34) obținem :

$$\varphi' - \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} < 0 \qquad (35)$$

sau în concluzie condiția de stabilitate statică se reduce la :

$$\boxed{\varphi' < \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}}} \qquad (36)$$

Vom numi mărimea $\frac{\partial C_{rez}}{\partial \alpha}$ cuplu specific stabilizant. Valoarea absolută a acestei mărimi este un indiciu asupra gradului de stabilitate statică a regulatorului în punctul de funcționare respectiv. Cu cât valoarea absolută a cuplului specific stabilizant va fi mai mare — respectându-se și condiția de semn (29) — cu atât gradul de stabilitate statică a sistemului va fi mai mare.

Expresia acestui cuplu se deduce din (35) și anume :

$$\boxed{\frac{\partial C_{rez}}{\partial \alpha} = \varphi' - \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}}} \qquad (37)$$

V. Statismul și astatismul caracteristicilor externe

Considerând caracteristicele externe atât cele naturale definite prin relațiile (3)

$$U = \psi_i (b_i)$$

cât și caracteristicile externe reglate, definite de relațiile (13)

$$U = F_i (b_i)$$

se definește ca grad de statism al caracteristicei în raport cu parametrul b_i în punctul considerat valoarea derivatei $\frac{\partial U}{\partial b_i}$ în acel punct, luată cu semn schimbat, adică expresia $g_i = -\frac{\partial U}{\partial b_i}$.

In cazul regulatorilor reali valoarea derivatei $\frac{\partial U}{\partial b_i}$ se poate considera în tot domeniul de reglaj practic constantă, în care caz se poate vorbi de un grad de statism al caracteristicei pe întreg domeniul de reglaj.

Caracteristicele externe la care derivata $\frac{\partial U}{\partial b_i}$ este nulă în tot domeniul de reglaj se numesc astatice în raport cu parametrul b_i și au un grad de statism nul în raport cu acel parametru.

Caracteristicele externe la care derivata $\frac{\partial U}{\partial b_i}$ este diferită de zero se numesc caracteristici statice în raport cu parametrul b_i.

In cazul când derivata $\frac{\partial U}{\partial b_i} < 0$, caracteristica externă are un grad de statism pozitiv în raport cu b_i. In acest caz se obișnuește a se spune că ea posedă un statism pozitiv.

In cazul când derivata $\frac{\partial U}{\partial b_i} > 0$ caracteristica externă are un grad de statism negativ. In acest caz se obișnuește a se spune că ea posedă un statism negativ.

In toate considerațiile cari vor urma, sensul pozitiv de variație a parametrilor b_i ($i = 1,2, \ldots n$) a fost astfel ales încât să avem relațiile :

$$\frac{\partial \psi}{\partial b_i} < 0 \qquad (38)$$

și

$$\frac{\partial \chi}{\partial b_i} > 0 \qquad (39)$$

sau din relația (33) scrisă pentru b_i în loc de b_p combinată cu (38) și (39) avem :

$$\frac{\partial \chi}{\partial U} > 0 \qquad (40)$$

Rezultă din relația (38) că toate caracteristicile externe naturale au un grad de statism pozitiv în raport cu toți parametrii b_i, cu alte cuvinte tensiunea nereglată scade la creșterea oricăruia din parametrii b_i.

Cu cât gradul de statism al caracteristicei externe naturale considerate — $\frac{\partial \psi}{\partial b_i}$ este mai mare cu atât tensiunea scade în mod mai accentuat.

Prin introducerea reglajului caracteristicile externe naturale ce schimbă în caracteristici externe reglate.

In scopul cercetării mai amănunțite a caracteristicilor externe reglate vom studia în cele ce urmează modul cum variază gradul de statism al acestora în funcție de factorii determinanți prin care se manifestă acțiunea de reglaj și anume : φ' și $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ a căror semnificație a fost arătată în paragraful III, punctul 3.

Vom considera gradul de statism al caracteristicei externe reglate :

$$U = F_i (b_i)$$

pe care îl vom nota cu g_i. Expresia lui se deduce din (16) :

$$g_i = -\frac{\partial F_i}{\partial b_i} = \frac{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial b_i} - \frac{\partial f}{\partial b_i}}{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial U} - \frac{\partial f}{\partial U}} \qquad (41)$$

Vom studia variația lui g_i în funcție de φ'. Deosebim următoarele cinci cazuri :

Cazul a :

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} < 0 \qquad (42)$$

Cazul b :

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} = 0 \qquad (43)$$

Cazul c :

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} > 0 \qquad (44)$$

și

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} < \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \times \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \qquad (45)$$

Cazul d :

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} > 0$$

și

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} = \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \times \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \qquad (46)$$

Cazul e :

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} > 0$$

și

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} > \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \qquad (47)$$

Cazul a :

In acest caz există relația :

$\frac{\partial \chi}{\partial b_i} > 0$ conform relației (39)

$\frac{\partial \chi}{\partial U} > 0$ conform relației (40)

$\frac{\partial f}{\partial b_i} < 0$ conform ipotezei (42)

$\frac{\partial f}{\partial U} > 0$ după cum se va putea deduce din considerentele ulterioare.

Pornind dela acste date pe baza formulei (41) se poate întocmi tabela 1.

Cazul b

In acest caz există relațiile :

$\frac{\partial \chi}{\partial b_i} > 0$ conform relației (39)

$\frac{\partial \chi}{\partial U} > 0$ conform relației (40)

$\frac{\partial f}{\partial b_i} = 0$ conform ipotezei (43)

$\frac{\partial f}{\partial U} > 0$ după cum se va putea deduce din considerațiile ulterioare.

Cunoscând aceste date pe baza formulei (41) se poate întocmi următoarea tabela 2

Cazul c :

In acest caz există relațiile :

$\frac{\partial \chi}{\partial b_i} > 0$ conform relației (39)

$\frac{\partial \chi}{\partial U} > 0$ conform relației (40)

$\frac{\partial f}{\partial b_i} > 0$ și $\frac{\partial f}{\partial b_i} < \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}}$ conform ipotezelor exprimate prin relațiile (44) și (45)

$-\frac{\partial f}{\partial U} > 0$ după cum se va putea deduce din considerentele ulterioare.

Cunoscând aceste date și pe baza formulei (41) se poate întocmi tabela 3.

Cazul d :

In acest caz există relația :

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} = \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \times \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}}$$ conform ipotezei (46)

Atunci relația (41) devine succesiv :

$$g_i = -\frac{\partial F_i}{\partial b_i} = \frac{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial b_i} - \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \times \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}}}{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial U} - \frac{\partial f}{\partial U}} \qquad (48)$$

$$g_i = \frac{\frac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \times \frac{\varphi' \frac{\partial \chi}{\partial U} - \frac{\partial f}{\partial U}}{\varphi \frac{\partial \chi}{\partial U} - \frac{\partial f}{\partial U}} = \frac{\frac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}} \qquad (49)$$

In acest caz g_i nu depinde de φ' și nici de $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ și deci nu avem de întocmit o tabelă de variație.

Cazul e :

In acest caz există relațiile :

$\frac{\partial \chi}{\partial b_i} > 0$ conform relației (39)

$\frac{\partial \chi}{\partial U} > 0$ conform relației (40)

$\frac{\partial f}{\partial b_i} > 0$ și $\frac{\partial f}{\partial b_i} > \frac{\partial \chi}{\partial b_i} \times \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial \chi}{\partial U}}$ conform ipotezelor exprimate de relațiile (44) și (47)

$\frac{\partial f}{\partial U} > 0$ după cum se va putea deduce din considerațiile ulterioare.

Tabela 1

φ'	$-\infty$	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial u}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$	↗	$+\infty$
$\varphi\cdot\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	$-\infty$	↗	0	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	↗	$+\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial u}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	↗	$+\infty$
$\varphi'\dfrac{\partial \chi}{\partial u}-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	$-\infty$	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}\dfrac{\partial \chi}{\partial u}-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	↗	0	↗	$+\infty$
$\dfrac{\partial F}{\partial b_i}$	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$	↗	0	↗	$-\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial f}{\partial u}}$	↗	$\pm\infty$	↗	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$

Tabela 2

φ'	$-\infty$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial u}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$	↗	$+\infty$		
$\varphi\cdot\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	$-\infty$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial u}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}\cdot\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}$	↗	$+\infty$		
$\varphi'\dfrac{\partial \chi}{\partial u}-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	$-\infty$	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	↗	0	↗	$+\infty$		
$\dfrac{\partial F}{\partial b_i}$	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$	↗	0	↗	$\pm\infty$	↗	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$		

Tabela 3

φ'	$-\infty$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}$	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial u}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$	↗	$+\infty$
$\varphi\cdot\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	$-\infty$	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial u}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	↗	$+\infty$
$\varphi\dfrac{\partial \chi}{\partial u}-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	$-\infty$	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}\dfrac{\partial \chi}{\partial u}-\dfrac{\partial f}{\partial u}$	↗	0	↗	$+\infty$
$\dfrac{\partial F}{\partial b_i}$	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$	↗	$-\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial f}{\partial u}}$	↗	0	↗	$\pm\infty$	↗	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial u}}$

Cunoscând aceste date și pe baza formulei (41) se poate întocmi tabela 4.

Tabela 4

φ'	$-\infty$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial U}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial U}}$	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}$	↗ $+\infty$
$\varphi'\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	$-\infty$	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial U}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial U}}\cdot\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}-\dfrac{\partial f}{\partial b_i}$	↗	0	↗ $+\infty$
$\varphi'\dfrac{\partial \chi}{\partial U}-\dfrac{\partial f}{\partial U}$	$-\infty$	↗	$-\dfrac{\partial f}{\partial U}$	↗	0	↗	$\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial U}}\cdot\dfrac{\partial \chi}{\partial U}-\dfrac{\partial f}{\partial U}$	↗ $+\infty$
$\dfrac{\partial F_i}{\partial b_i}$	$-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial U}}$	↘	$-\dfrac{\dfrac{\partial f}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial f}{\partial U}}$	↘	$\mp\infty$	↘	0	↘ $-\dfrac{\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i}}{\dfrac{\partial \chi}{\partial U}}$

Pe baza acestor tabele se poate reprezenta grafic variația funcțiunei $g_i = -\dfrac{\partial F_i}{\partial b_i}$ în raport cu variabila φ'. Această variație este reprezentată în figura Nr. 4.

1. Gradul de statism al caracteristicei externe naturale în raport cu parametrul b_i este independent de valoarea variabilei φ' și are mărimea constantă $\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i} / \dfrac{\partial \chi}{\partial U}$.

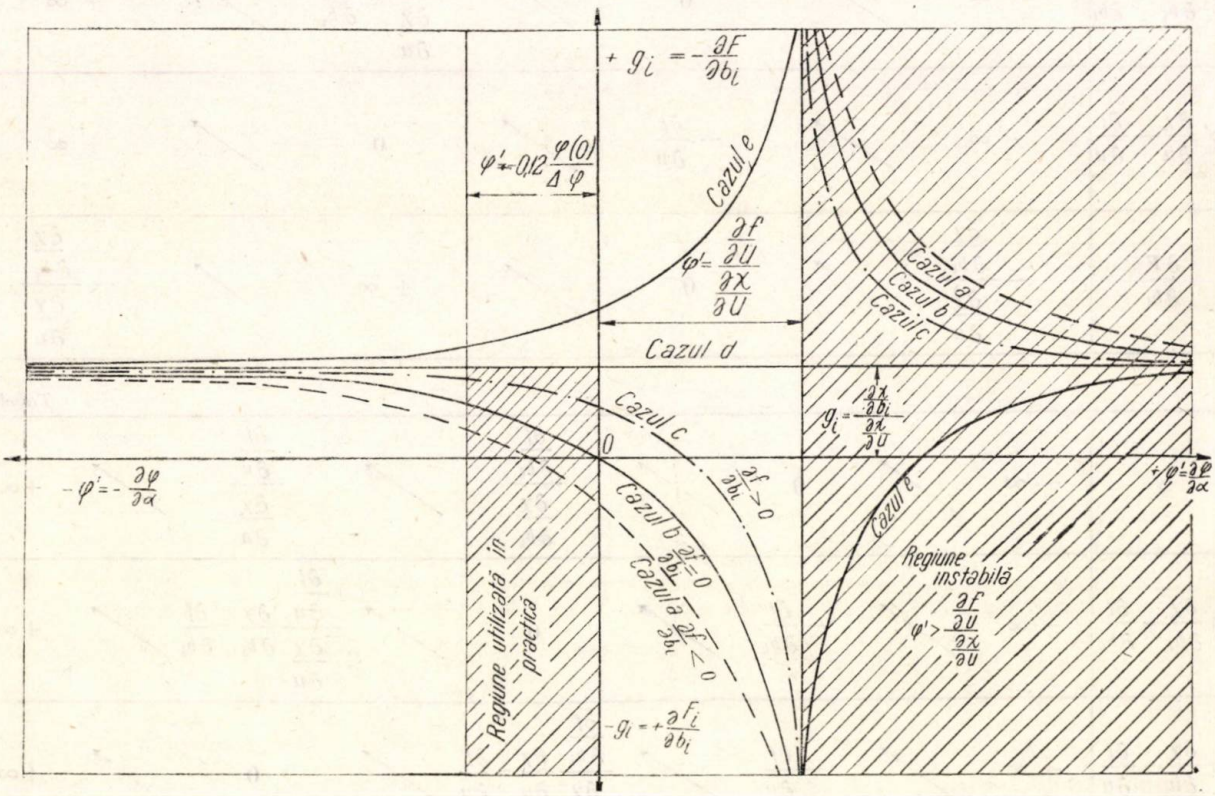


Fig. 4

Din examinarea curbelor trasate în fig. Nr. 4 se pot trage o serie de concluzii. Aceste concluzii, valabile pentru un punct oarecare de funcționare al domeniului de reglaj sunt următoarele:

Acest grad de statism al caracteristicei externe naturale este reprezentat în fig. Nr. 4 prin orizontala de ordonata pozitivă $\dfrac{\partial \chi}{\partial b_i} / \dfrac{\partial \chi}{\partial U}$.

2. Gradul de statism g_i al caracteristicei externe reglate în raport cu parametrul b_i este dependent atât de valoarea variabilă φ' cât și de valoarea lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$.

3. Se observă că pentru valori infinite ($\pm\infty$) ale lui φ' sistemul cu reglaj se comportă identic cu cel fără reglaj $g_i = \frac{\partial\chi/\partial b_i}{\partial\chi/\partial U}$.

4) Deasemenea se observă că pentru valoarea $\varphi' = \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial\chi}{\partial U}}$ (cuplu specific stabilizant nul) gradul de statism g_i devine infinit și schimbă de semn.

5. La valori constante a e lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ odată cu creșterea lui φ', gradul de statism g_i se comportă diferit după cum $\frac{\partial f}{\partial b_i} \gtrless \frac{\partial f}{\partial U} \times \frac{\frac{\partial\chi}{\partial b_i}}{\frac{\partial\chi}{\partial U}}$.

Această valoare a lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ egală cu $\frac{\partial f}{\partial U} \times \frac{\frac{\partial\chi}{\partial b_i}}{\frac{\partial\chi}{\partial U}}$ reprezintă o valoare critică a acestuia și va fi notată cu $\left(\frac{\partial f}{\partial b_i}\right)_{cr}$.

Variația lui g_i în funcție de φ' pentru $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ constant se face în felul următor:

a) g_i scade la creșterea lui φ' atâta timp cât

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} < \left(\frac{\partial f}{\partial b_i}\right)_{cr}$$

b) g_i este constant și egal cu gradul de statism al caracteristicei nereglate atâta timp cât:

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} = \left(\frac{\partial f}{\partial b_i}\right)_{cr}$$

c) g_i crește la creșterea lui φ' atâta timp cât:

$$\frac{\partial f}{\partial b_i} > \left(\frac{\partial f}{\partial b_i}\right)_{cr}$$

6. La valori constante ale lui φ' gradul de statism g_i se comportă diferit după cum

$$\varphi' \gtrless \frac{\partial f}{\partial U} \Big/ \frac{\partial\chi}{\partial U}$$

Această valoare a lui φ' egală cu $\frac{\partial f}{\partial U} \Big/ \frac{\partial\chi}{\partial U}$ reprezintă o valoare critică a acestuia și va fi notată cu φ'_{cr}

Variația lui g_i în funcție de $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ pentru φ' constant se face în felul următor:

a) g_i crește odată cu creșterea lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ dacă $\varphi' < \varphi'_{cr}$

b) g_i este infinit și schimbă semnul independent de valoarea lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ dacă $\varphi' = \varphi'_{cr}$

c) g_i scade odată cu creșterea lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ dacă $\varphi' > \varphi'_{cr}$

Remarcăm că asimptota verticală de abscisă φ'_{cr} împarte planul diagramei în două regiuni în cari sistemul de reglaj se comportă diferit din punct de vedere al stabilității statice.

a) Regiunea situată la stânga asimptotei verticale $\varphi' = \varphi'_{cr}$ corespunde unei funcționări stabile, deoarece condiția de stabilitate statică (36):

$$\varphi' < \frac{\frac{\partial f}{\partial U}}{\frac{\partial\chi}{\partial U}} = \varphi'_{cr}$$

este îndeplinită.

Totodată remarcăm că cuplul specific stabilizant este cu atât mai mare cu cât φ' este mai mic.

b) Regiunea situată la dreapta asimptotei verticale $\varphi' = \varphi'_{cr}$ inclusiv această asimptotă, corespunde unei funcționări instabile deoarece condiția de stabilitate statică (36) nu este îndeplinită.

7. Regiunea utilizată în practica construcției de regulatori este cea delimitată de axa ordonatelor ($\varphi' = 0$), de o paralelă la aceasta $\varphi' = -0{,}12\,\frac{\varphi(0)}{\Delta\alpha}$ și de orizontala corespunzând funcționării fără regulator $g_i = \frac{\partial\chi}{\partial b_i} \Big/ \frac{\partial\chi}{\partial U}$

8. Pentru regiunea utilizată în practică, gradul de statism $g_i = -\frac{\partial F_i}{\partial b_i}$ al caracteristicelor externe reglate poate fi modificat atât prin variația mărimii φ' (resortul adițional n) cât și prin variația mărimii $\frac{\partial f}{\partial b_i}$.

Pentru $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ constant, prin ridicarea cursorului resortului adițional n se obține o scădere a gradului de statism al caracteristicei externe reglate $g_i = -\frac{\partial F_i}{\partial b_i}$.

Pentru o poziție fixă a cursorului resortului n, prin modificarea poziției cursorului x (vezi fig. 1) al rezistenței de compensare u (vezi cap. VI) se obține o variație a lui $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ și deci a gradului de statism $g_i = -\frac{\partial F_i}{\partial b_i}$ al caracteristicei reglate.

VI. **Reglaj simplu și reglaj complex**

(Compensare, stabilizare, compoundare)

S'a arătat în cuprinsul cap. III că un sistem de reglaj la care cuplul motor C_m depinde exclusiv de mărimea ce trebue reglată (toate derivatele $\frac{\partial f}{\partial b_i} = 0$) este denumit un sistem de reglaj simplu, iar un sistem de reglaj la care cuplul motor depinde și de unul sau mai mulți dintre parametrii naturali b_i sau cei suplimentari d_k este denumit sistem de reglaj complex.

In cazul examinat în cadrul articolului de față al regulatorului de tensiune deservind un alternator trifazat, parametrii b_i de care în mod uzual se face dependent cuplul motor sunt curentul activ I_a și curentul reactiv I_r debitați pe una din fazele alternatorului. In funcție de fazele dela care se culege tensiunea aplicată regulatorului și de faza dela care se iau curenții I_a și I_r pentru a influența cuplul motor al regulatorului, precum și în funcție de modul de combinare a tensiunilor și a curenților, se pot obține diverse scheme de montaj pentru reglajul complex.

S'a arătat în cap. V importanța pe care o au în sistemele de reglaj complex mărimile $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ prin a căror variație se pot obține modificări ale gradului de statism al caracteristicelor externe reglate. Variația mărimilor $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ se obține prin adoptarea uneia din schemele de montaj pentru reglaj complex.

In cele de mai jos se vor examina șase scheme de reglaj complex ale căror proprietăți vor reeși din studiul mărimilor $\frac{\partial f}{\partial b_i}$ (în cazul nostru $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$).

In fig. 5 sunt reprezentate cele șase scheme de montaj pentru reglajul complex. Se vede că în toate aceste scheme se aplică între bornele 6 și 11 ale regulatorului tensiunea dintre fazele R și S prin intermediul unui reductor de tensiune monofazat.

Alte scheme de montaj, ce pot fi utilizate în practică, la care tensiunea aplicată regulatorului este luată dela alte faze, pot fi reduse la

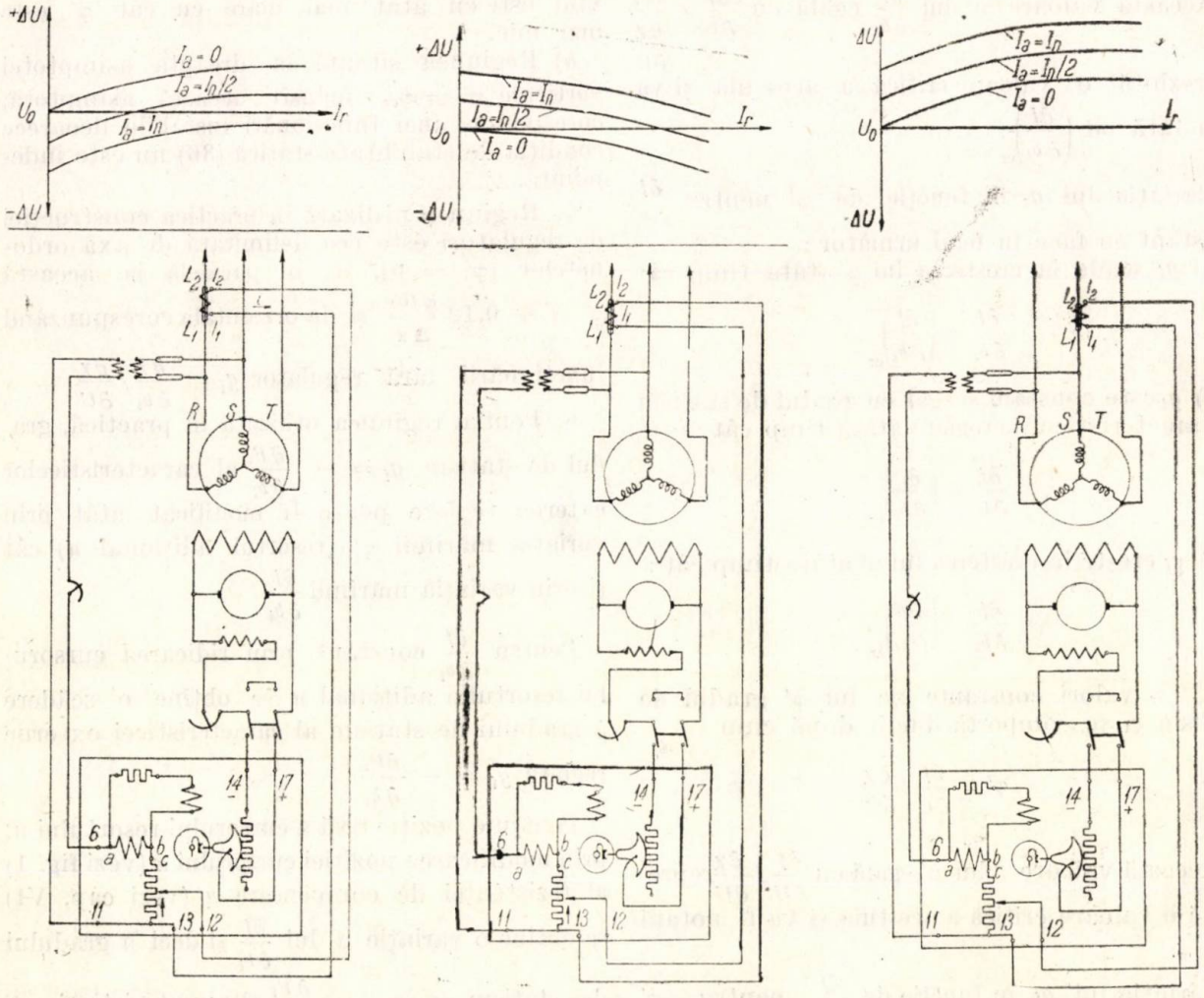


Fig. 5. Cazul I. Cazul II. Cazul III.

una din schemele de reglaj complex reprezentate în fig. 5 la care tensiunea aplicată regulatorului este cea dintre fazele R și S.

Cele șase scheme din fig. 5 diferă între ele prin defazarea dintre tensiunea aplicată la bornele 6 și 11 și curentul aplicat la bornele 12 și 13 ale regulatorului. Această defazare are două componente :

— unghiul de defazare φ sub care debitează alternatorul, considerat același în toate variantele de montaj ;

— unghiul de defazare α rezultat din schema de montaj, diferit pentru fiecare variantă de montaj.

In fig. 6 a se reprezintă schematic circuitele de curent alternativ ale regulatorului. Bobinele de acționare ale regulatorului (a și b în fig. 1) sunt reprezentate printr'o singură bobină ab în fig. 6 a, rezistența de compensare (u în fig.1) este redată în fig. 6 a prin U având bornele c și 13. Cursorul acestei rezistențe (x din fig. 1) este reprezentat printr'o săgeată legată la borna 12.

Acestor circuite de curent alternativ li se aplică din exterior o tensiune u_{RS} între bornele 6 și 11 (borna 6 se racordează la faza R și borna 11 la faza S) și un curent i între bornele 12 și 13 care parcurge porțiunea X a rezistenței R.

Se alege ca sens pozitiv pentru curentul ce parcurge rezistența X cel arătat în fig. 6-a.

Din această figură putem scrie succesiv următoarele relații :

$$v_6 - v_{11} = (v_a - v_b) + (v_c - v_{12}) + (v_{12} - v_{13}) \quad (50)$$

$$u_{RS} = u_{reg} + i_{reg} \times (R - X) + (i_{reg} - i)\, X \quad (51)$$

$$u_{RS} = u_{reg} + i_{reg}\, R - iX \quad (52)$$

$$u_{reg} = u_{RS} - i_{reg}\, R + i\, X \cong u_{RS} + i\, X \quad (53)$$

In relațiile de mai sus s'a notat cu $u_{reg} = v_a - v_b$ tensiunea la bornele bobinelor de acționare ale regulatorului.

Notând cu k_I și k_T, rapoartele de transformare ale transformatorilor de intensitate și tensiune ce alimentează regulatorul și cu $\bar{U}_{RS}$ și $\bar{I}$ valorile complexe ale curentului și tensiunei primare, relația (53) scrisă pentru valori instantanee devine în complex :

$$\bar{U}_{reg} = \frac{1}{k_T}\left[\bar{U}_{RS} + \bar{I}\,\frac{k_T}{k_I}\,X\right] = \frac{1}{k_T}\left[\bar{U}_{RS} + \bar{I}a\right] \quad (54)$$

în care $a = \dfrac{k_T}{k_I}\,X$

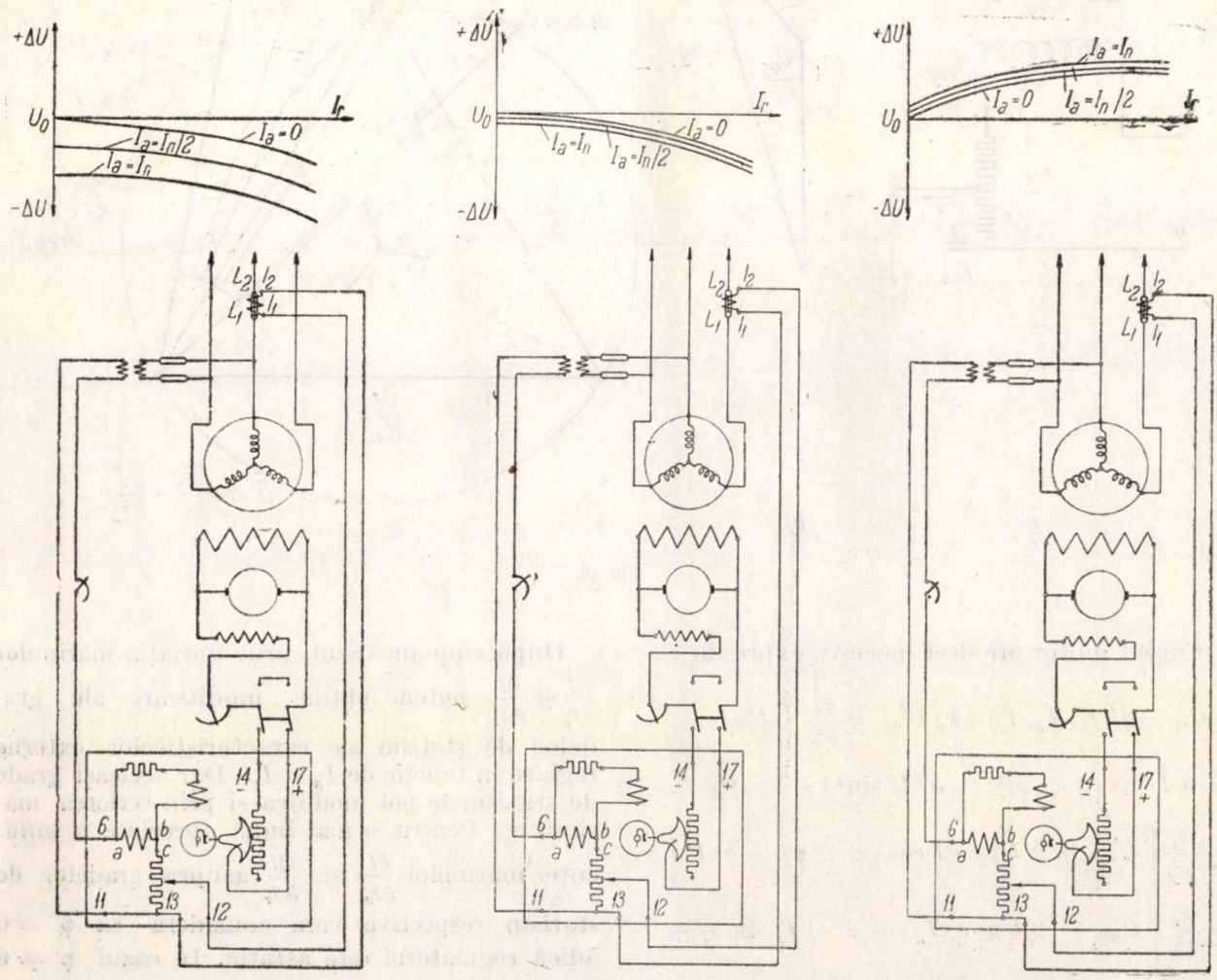


Fig. 5. Cazul IV. Cazul V. Cazul VI.

Această ecuație (54) este reprezentată vectorial în fig. 6c pentru cele șase scheme de montaj considerate.

Dacă trecem dela scrierea complexă la cea algebrică, după cum rezultă din fig. 6 b ecuația (54) devine :

$$U_{reg}^2 = \frac{1}{k_T^2}\left\{\left[U_{RS} + a\,I\cos(\alpha+\varphi)\right]^2 + a^2 I^2 \sin^2(\alpha+\varphi)\right\} \qquad (55)$$

Dar cuplul motor C_m al regulatorului este proporțional cu pătratul tensiunei aplicate între bornele a și b ale bobinelor regulatorului (vezi fig. 5 și 6 a) deci proporțional cu U_{reg}^2 dat de expresia (55).

Din relația (56) prin derivare parțială în raport cu I_a și cu I_r se pot deduce valorile lui $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ și anume :

$$\frac{\partial f}{\partial I_a} = 2\,\frac{k_1}{k_T^2}\,a\,[U_{RS}\cos\alpha + a\,I_a] =$$

$$= 2\,\frac{k_1 X}{k_T\,k_I}\,[U_{RS}\cos\alpha + a\,I_a] \qquad (57)$$

$$\frac{\partial f}{\partial I_r} = 2\,\frac{k_1}{k_T^2}\,a\,[-U_{RS}\sin\alpha + a\,I_r] =$$

$$= 2\,\frac{k_1 X}{k_T\,k_I}\,[-U_{RS}\sin\alpha + a\,I_r] \qquad (58)$$

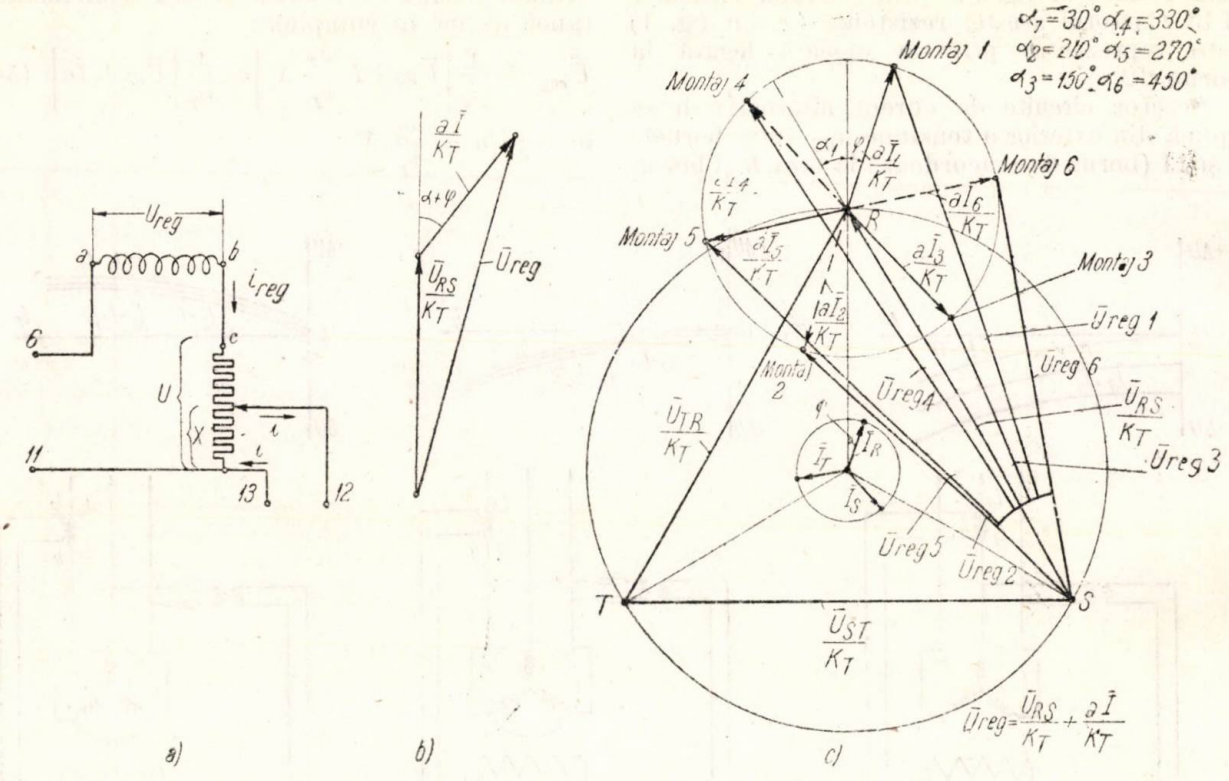


Fig. 6.

Cuplul motor are deci succesiv expresiile :

$$C_m = f(U, I_a, I_r) = k_1\,U_{reg}^2 = \frac{k_1}{k_T^2}\left\{[U_{RS} + a\,I\cos(\alpha+\varphi)]^2 + a^2 I^2 \sin^2(\alpha+\varphi)\right\} =$$

$$= \frac{k_1}{k_T^2}\left[U_{RS}^2 + 2\,U_{RS}\,a\,I\cos(\alpha+\varphi) + a^2 I^2\right] =$$

$$= \frac{k_1}{k_T^2}\left[U_{RS}^2 + 2\,U_{RS}\,a\,(I_a\cos\alpha - I_r\sin\alpha) + a^2 I_a^2 + a^2 I_r^2\right] \qquad (56)$$

După cum am văzut, prin variația mărimilor $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ putem obține modificări ale gradelor de statism ale caracteristicelor externe reglate în funcție de I_a și I_r. Dar aceleași grade de statism se pot modifica și prin scrierea mărimii φ'. Pentru o mai bună apreciere a influenței mărimilor $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ asupra gradelor de statism respective vom considera că $\varphi' = 0$ adică regulatorul este astatic. In cazul $\varphi' \neq 0$ gradul de statism variază deasemeni datorită variației lui φ' după cum arată fig. 4.

Tabela 5

Cazul	α	$\cos\alpha$	$\sin\alpha$	$\frac{k_T k_I}{2k_1 X}\frac{\partial f}{\partial I_a} = U_{RS}\cos\alpha + a I_a$	$\frac{k_T k_I}{2k_1 X}\frac{\partial f}{\partial I_r} = -U_{RS}\sin\alpha + a I_r$	$\left(\frac{\partial U}{\partial I_a}\right)_{\varphi'=0}$	$\left(\frac{\partial U}{\partial I_r}\right)_{\varphi'=0}$	Grad de statism în raport cu I_a $g_a = -\left(\frac{\partial U}{\partial I_a}\right)_{\varphi'=0}$	Grad de statism în raport cu I_r $g_r = -\left(\frac{\partial U}{\partial I_r}\right)_{\varphi'=0}$
1	30°	+ 0,866	+ 0,5	0,866 $U_{RS} + a I_a > 0$	$-0{,}5\ U_{RS} + a I_r < 0$	negativ	pozitiv	pozitiv	negativ
2	210°	− 0,866	− 0,5	$-0{,}866\ U_{RS} + a I_a < 0$	$+0{,}5\ U_{RS} + a I_r > 0$	pozitiv	negativ	negativ	pozitiv
3	150°	+ 0,866	+ 0,5	$+0{,}866\ U_{RS} + a I_a < 0$	$-0{,}5\ U_{RS} + a I_r < 0$	pozitiv	pozitiv	negativ	negativ
4	330°	− 0,866	− 0,5	$-0{,}866\ U_{RS} + a I_a > 0$	$+0{,}5\ U_{RS} + a I_r > 0$	negativ	negativ	pozitiv	pozitiv
5	270°	0	− 1	$a I_a > 0$	$U_{RS} + a I_r > 0$	negativ	negativ	pozitiv	pozitiv
6	450°	0	+ 1	$a I_a > 0$	$-U_{RS} + a I_r < 0$	negativ	pozitiv	pozitiv	negativ

Din tabela Nr. 5 reies valorile derivatelor $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ pentru cele șase scheme de montaj reprezentate în fig. 5.

Pentru stabilirea semnelor acestor derivate s'a considerat că termenii $a \times I_a$ și $a \times I_r$ nu pot întrece în valoare absolută 0,25 U_{RS}; acest lucru este realizat prin construcția adecvată a rezistenței U. Așa dar semnul expresiilor $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ este dat de semnul lui cos α U_{RS} respectiv — sin α U_{RS}.

In funcție de semnul acestor derivate s'a stabilit în tabela 5 semnul expresiilor $\left(\frac{\partial U}{\partial I_a}\right)_{\varphi'=0}$ și $\left(\frac{\partial U}{\partial I_r}\right)_{\varphi'=0}$. Acest semn s'a dedus din figura 4 (axa ordonatelor, $\varphi' = 0$). Din această figură se poate vedea că atât timp cât $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ are un anumit semn $\left(\frac{\partial U}{\partial I_a}\right)_{\varphi'=0}$ are semnul contrar. Același lucru se poate spune despre $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ și $\left(\frac{\partial U}{\partial I_r}\right)_{\varphi'=0}$.

Semnul expresiilor $\frac{\partial f}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial f}{\partial I_r}$ ne permite să trasăm variația tensiunei U în funcție de I_r pentru diferiți I_a în cazul când $\varphi' = 0$ (regulator astatic) pentru toate cele 6 montaje diferite.

Această variație se vede în figura 5 reprezentată în dreptul fiecărui montaj.

Trebue încă odată atrasă atenția asupra faptului că această variație a tensiunei în funcție de I_a și I_r se modifică odată cu modificarea lui φ'. Cu cât φ' scade mai mult sub zero cu atât curbele $U = f(I_a)$ și $U = f(I_r)$ devin mai căzătoare căci $\frac{\partial F}{\partial I_a}$ și $\frac{\partial F}{\partial I_r}$ scad. Astfel putem ajunge în situația că deși montajul asigură un grad de statism negativ în raport cu I_r pentru $\varphi' = 0$ adică $-\left(\frac{\partial F}{\partial I_r}\right)_{\varphi'=0} < 0$ (cazul montajelor 1,3 și 6 examinate) totuși prin scăderea convenabilă a lui φ' se obține în definitiv un grad de statism pozitiv.

Diferitele montaje folosite au primit denumiri diferite. Astfel, unii autori cari folosesc montajele 2 și 3 au denumit montajul 2 montaj de compensare și montajul 4 montaj de compoundare.

Alți autori cari folosesc montajele 5 și 6 au denumit montajul 5 montaj de stabilizare și montajul 6 montaj de compensare.

Credem că este rațională generalizarea acestei din urmă nomenclaturi.

Se va denumi deci montaj de compensare în raport cu parametrul b_i acel montaj care pentru $\varphi' = 0$ creiază un statism negativ în raport cu acel parametru și montaj de stabili-

zare în raport cu parametrul b_t acel montaj care pentru $\varphi' = 0$ creiază un statism pozitiv în raport cu acel parametru.

Conform acestei definiții, din punct de vedere al componenței active a curentului I_a montajele 2 și 3 sunt montaje de compensare iar montajele 1, 4, 5 și 6 sunt montaje de stabilizare.

Din punct de vedere a componenței reactive a curentului I_r montajele 1, 3 și 6 sunt montaje de compensare și montajele 2, 4 și 5 sunt montaje de stabilizare.

★

СООБРАЖЕНИЯ О РЕГУЛЯТОРАХ НАПРЯЖЕНИЯ РЕОСТАТНОГО, ТИПА С ПОДВИЖНЫМИ СЕКТОРАМИ

Резюме

Уточняются некоторые вопросы в связи с работой реостатных регуляторов напряжения с скользящими секторами. В особенности исследуется изменение степени статизма регулируемых характеристик в зависимости от механическои конструкции регулятора — изменение момента сопротивления — и способа присоединения регулятора. Отмечается разъяснение некоторых понятий в связи с вышеуказанным типом регулятора для возможности понять его работу ввиду наиболее рациональной эксплоатации.

PROBLEME TEHNICO-ECONOMICE

CONSIDERAȚII ȘTIINȚIFICE GENERALE ASUPRA PROBLEMEI FACTORULUI DE PUTERE IN INSTALAȚIILE ELECTRICE

Prof. Ing. C. BUDEANU

Dintre diferitele aspecte ale problemei factorului de putere, autorul tratează pe cel științific general și studiază îndeosebi fenomenele reactive și mărimea nouă, denumită putere reactivă, care explică existența factorului de putere.

I. Introducere

Problema factorului de putere în instalațiile electrice prezintă diverse aspecte :

Aspectul științific al problemei constă în preocuparea găsirii cauzelor fizice ale apariției factorului de putere. Din considerarea acestor cauze fizice, reiese necesitatea introducerii unei noi mărimi care să explice existența factorului de putere. Această nouă mărime a fost denumită *putere reactivă.*

Aspectul tehnic al problemei constă în găsirea tuturor metodelor constructive atât în domeniul instalațiilor de producere, transport și distribuție de energie electrică precum și în domeniul industriei de mașini electrice, metode care să permită ameliorarea factorului de putere.

Aspectul economic. Existența unui factor de putere scăzut într'un sistem electric dă naștere la o seamă de neajunsuri, printre cari menționăm în special cheltueli de investiții și de producție ridicate. Rezultă că problema factorului de putere are și un aspect economic. Mărirea factorului de putere într'un sistem energetic poate duce la însemnate economii. Un exemplu în această privință este edificator.

Să considerăm un sistem energetic având o putere totală de 500.000 kW, un număr de ore de utilizare a puterii instalate de cca 4.000 ore anual, un coeficient de pierderi în rețele de cca 15 % în care se includ pierderile în transformatorii ridicători, liniile de mare tensiune, transformatorii coborîtori și liniile de joasă tensiune sub un factor de putere mediu de 0,7.

Energia totală produsă anual de acest sistem energetic este $500.000 \times 4.000 = 2.000.000.000$ kWh/an. Pierderile totale de energie reprezintă deci în acest caz 300.000.000 kWh/an.

Dacă în acest sistem anergetic printr'un mijloc oarecare se mărește factorul de putere dela 0,7 la 0,9 pierderile de energie electrică se reduc la cca $300.000.000 \times \left(\frac{0,7}{0,9}\right)^2 \cong 180.000.000$ kWh/an. Rezultă că din această ridicare a factorului de putere realizăm economie de 120.000.000 kWh/an, ceeace echivalează cu circa 4—5000 vagoane de păcură sau circa 16—20.000 vagoane de lignit pe an.

Această evaluare se referă numai la o putere instalată de 500.000 kW și numai la o utilizare anuală de 4 000 ore Rezultatele se vor amplifica pe măsura creșterii puterii instalate și a creșterii numărului de ore de utilizare.

Din aceste trei aspecte ale problemei factorului de putere, ne vom ocupa în articolul de față numai de **aspectul științific.**

II. Considerații teoretice în legătură cu puterea activă, puterea aparentă, puterea reactivă și factorul de putere în sisteme cu regim sinusoidal

Pentru precizarea ideilor, în cele ce urmează vom reaminti, în prealabil, câteva definiții.

1. CAZUL SISTEMULUI MONOFAZAT

Să considerăm un sistem monofazat sinusoidal caracterizat prin tensiunea instantanee $u = U\sqrt{2} \sin \omega t$ și prin curentul instantaneu $i = I\sqrt{2} \sin (\omega t - \varphi)$.

In aceste formule U reprezintă valoarea eficace a tensiunei și I reprezintă valoarea eficace a curentului.

Se definește ca putere instantanee produsul $p = ui$ între tensiunea instantanee și curentul instantaneu. Dacă înlocuim valorile lui u și i de mai sus obținem $p = 2\,UI \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) = UI \cos \varphi - UI \cos (2\,\omega t - \varphi)$.

Se vede că puterea instantanee are un termen constant $UI \cos \varphi$ și un termen variabil $UI \cos (2\,\omega t - \varphi)$ denumit putere fluctuantă.

Se definește putere activă în sistemul considerat media puterii instantanee în timp de o perioadă $P = \frac{1}{T}\int_0^T pdt$. Efectuând acest calcul găsim $P = UI \cos \varphi$.

Se numește putere aparentă în sistemul considerat produsul între valorile eficace ale tensiunei și curentului $S = UI$.

Se definește ca factor de putere al sistemului

$$k = \frac{P}{S} = \frac{UI \cos \varphi}{UI} = \cos \varphi.$$

Se vede dar că existența decalajului între curent și tensiune face ca puterea activă să fie mai mică decât puterea aparentă.

Valoarea subunitară a raportului dintre puterea activă și puterea aparentă conduce la existența unei mărimi noi. Existența acestei mărimi are deci ca efect faptul că puterea aparentă este mai mare decât puterea reală.

Dacă scriem :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

rezultă că noua mărime ce trebue introdusă pentru explicarea factorului de putere este Q Această mărime are dimensiunile unei puteri și a căpătat numele de *putere reactivă*. Din relațiile de mai sus rezultă :

$$Q^2 = S^2 - P^2 = U^2 I^2 (1 - \cos^2 \varphi) = U^2 I^2 \sin^2 \varphi$$

deci $$Q = UI \sin \varphi = P \operatorname{tg} \varphi$$

Cu aceste noțiuni introduse factorul de putere în regim sinusoidal devine :

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Din această ultimă formulă reese că existența unui factor de putere subunitar este datorită prezenței puterii reactive.

In adevăr, când Q sau puterea recativă este nulă, factorul de putere este egal cu unitatea. Cu cât puterea reactivă este mai mare cu atât factorul de putere este mai scăzut. A mări factorul de putere înseamnă deci a micșora puterea reactivă după cum a micșora factorul de putere înseamnă a mări puterea reactivă.

2. CAZUL SISTEMULUI POLIFAZAT ECHILIBRAT

Să conslderăm un sistem polifazat echilibrat cu n faze având fiecare tensiunea :

$$u_1 = U\sqrt{2} \sin \omega t$$

$$u_2 = U\sqrt{2} \sin \left[\omega t - \frac{2\pi}{n}\right]$$

$$u_n = U\sqrt{2} \sin \left[\omega t - (n-1)\frac{2\pi}{n}\right]$$

și curenții

$$i_1 = I\sqrt{2} \sin (\omega t - \varphi)$$

$$i_2 = I\sqrt{2} \sin \left(\omega t - \varphi - \frac{2\pi}{n}\right)$$

$$i_n = I\sqrt{2} \sin \left[\omega t - \varphi - (n-1)\frac{2\pi}{n}\right]$$

Se definește puterea instantanee a sistemului polifazat suma puterilor instantanee de pe fiecare fază a sistemului :

$$p = u_1 i_1 + u_2 i_2 + \ldots + u_n i_n = n\,U\,I \cos \varphi - \sum U\,I \cos \left[2\left(\omega t - (n-i)\frac{2\pi}{n}\right) - \varphi\right] = n.\,UI \cos \varphi$$

Puterea instantanee în acest sistem este constantă și egală cu valoarea puterii active a sistemului polifazat echilibrat.

In mod similar cu cazul sistemului monofazat, se definește putere reactivă în sistemul polifazat echilibrat expresia

$$Q = n\,U\,I \sin \varphi$$

Deasemenea prin analogie cu sistemul monofazat se definește ca factor de putere al sistemului polifazat echilibrat expresia

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

3. CAZUL SISTEMULUI POLIFAZAT DESECHILIBRAT

Să considerăm un sistem polifazat desechilibrat cu n faze având tensiunile $u_1, u_2 \ldots u_n$ și curenții $i_1, i_2 \ldots i_n$. Curentul i_k este decalat față de tensiunea u_k cu unghiul φ_k.

Se definește *putere instantanee* a sistemului polifazat suma puterilor instantanee de pe fiecare fază a sistemului

$$P = \sum_{k=1}^{n} u_k i_k$$

Puterea activă este definită în mod analog cu definiția dată pentru sistemul monofazat ca fiind egală cu media puterii instantanee în timp de o perioadă. Efectuând calculul se găsește :

$$P = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos \varphi_k$$

Puterea reactivă a sistemului se definește ca fiind egală cu suma puterilor reactive ale fiecărei faze în parte, având în vedere principiul de conservare a puterii reactive. Rezultă :

$$Q = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k$$

Factorul de putere este și în acest caz egal cu :

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

4. CONCLUZII

Din considerațiunile de mai sus reiese în mod clar că prin introducerea noțiunii de putere reactivă (Q) se poate ușura atât înțelegerea existenței unui factor de putere subunitar cât și găsirea expresiei unitare pentru factorul de putere

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

indiferent de numărul de faze al sistemului cu condiția ca el să fie sinusoidal.

Trebue menționată aci contribuția românească la definirea și lămurirea acestor noțiuni.

In adevăr, pe bază de propuneri românești, Comisiunea Electrotehnică Internațională a luat următoarele hotărîri în sesiunea din 1930 :

a) Menținerea denumirii de *putere reactivă* pentru mărimea Q ;

b) definirea factorului de putere în regim sinusoidal oarecare prin expresia :

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

c) adoptarea unei unități de măsură pentru puterea reactivă și denumirea ei VAR (kVAR, kVAR*h*).

La sesiunea sus menționată a Comisiei Electrotehnice Internaționale au participat și reprezentanți ai științei sovietice.

III. Fenomene reactive

Prezența într'un sistem electric a puterii reactive și deci a unui factor de putere subunitar dă naștere la diverse prejudicii pe cari le vom analiza mai pe larg în cele de mai jos.

Puterile reactive utilizează instalațiile electrice de producere și distribuție reducând deci capacitatea de producere și transport a puterilor reale pe aceleași instalații.

In consecință, în cazul când într'o instalație circulă o putere reactivă Q pentru a menține aceeași capacitate a instalației privitor la puterea reală în joc P, va trebui să fie majorată puterea aparentă S a acelei instalații dela valoarea $S_1 = P$ la valoarea

$$S_2 = P\sqrt{1 + \frac{Q^2}{P^2}}$$

Pentru o aceeași putere reală P, S_2 este o funcție de putere reactivă.

Aceasta înseamnă că mașinile generatoare din centrale, stațiile de transformare, liniile de transport, etc. trebuesc dimensionate pentru o putere aparentă mai mare decât puterile lor active nominale.

Un exemplu în acest sens este edificator. Să considerăm un generator electric funcționând cu un factor de putere egal cu unitatea. In acest caz $S_1 = P$.

Dacă factorul de putere din instalație scade dela 1 la 0,8 puterea aparentă se mărește dela $S_1 = P$ la $S = 1{,}25\ P$.

Rezultă o creștere de 25 % a puterii aparente.

Urmarea acestui fapt conduce la o majorare a cheltuelilor de investiție, majorare provocată numai de existență puterii reactive.

In cazul când nu facem această majorare a puterii aparente se micșorează capacitatea de transport a puterii active.

In legătură cu această problemă trebue aduse anumite precizări în cazul generatorilor sincroni.

Pentru o anume putere reactivă debitată de generator se pot defini următoarele două noțiuni :

1) **Puterea activă disponibilă față de stator**, egală cu puterea activă calculată din condițiile plinei sarcini a statorului, chiar dacă în aceste condiții ar fi nevoie de supraîncărcarea rotorului.

2. **Puterea activă disponibilă față de rotor**, egală cu puterea activă calculată din condițiile plinei sarcini a rotorului, chiar dacă pentru obținerea lor ar fi nevoie să se încarce statorul peste limitele admisibile.

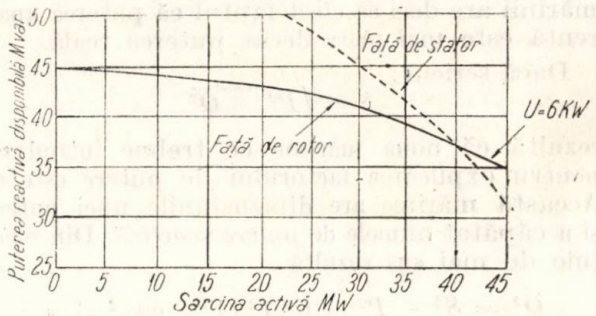


Fig. 1

In figura alăturată se indică curbele de corelație între puterile reactive pe care le poate debita o mașină sincronă în funcție de putere activă, atât datorită efectului de limită a statorului cât și celui datorit rotorului.

De exemplu, fie o mașină sincronă capabilă a debita o putere de 40 MW sub o tensiune de 6 kV, debitând în același timp 37M VAR (deci sub un factor de putere 0,73). Dacă puterea reactivă crește dela 37 la 40 M VAR puterea activă va fi limitată la cca 33 MW prin efectul rotoric. Dacă, dimpotrivă, puterea reactivă scade la 31 MVAR, generatorul se poate încărca până la circa 45 MW prin efectul de limită a statorului.

Prezența puterii reactive într'o instalație se traduce printr'o circulație de putere instantanee suplimentară a cărei medie este însă nulă în timpul unei perioade. Această circulație a puterii reactive produce totuși, ca și circulația puterii active, pierderi de putere reală.

In adevăr într'o instalație oarecare pierderile de putere datorite efectului Joule — Lenz sunt :

$$p = k \times r \times I^2 = k \times k_1 \times r \frac{S^2}{U^2} = \frac{k\, k_1\, r}{U^2} P^2 + \frac{k\, k_1\, r\, Q^2}{U^2}$$

Se vede dar că pierderile de putere prin efectul Joule — Lenz într'o instalație sunt de forma unei sume a doi termeni, dintre care unul reprezintă pierderile datorite transportului puterii active P și al doilea reprezintă pierderile datorite transportului puterii reactive Q. Pentru o aceeași putere reală pierderile de putere prin efectul Joule se pot scrie sub forma :

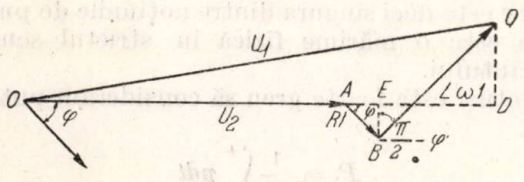


Fig. 2

$$p = A + B\,Q^2$$

deci pentru aceeași putere activă aceste pierderi sunt o funcție de putere reactivă Q.

Căderile de tensiune într'o linie electrică sunt mult majorate datorite transportului de putere reactivă.

In cunoscuta diagramă a căderilor de tensiuni pe liniile de transport care se vede alăturat (fig. 2) am notat cu :

U_1 tensiunea la capătul care alimentează
U_2 tensiunea la capătul receptor
φ unghiul de decalaj la capătul receptor
I curentul pe linie
R rezistența liniei
$L\omega$ reactanța liniei.

Căderea de tensiune $\Delta U = U_1 = U_2$ se vede că se poate pune cu o suficientă aproximație sub forma :

$$\Delta U = U_2 - \widetilde{U}_2 \simeq AD = AE + ED =$$
$$= RI\cos\varphi + L\omega I \sin\varphi = \frac{R}{U_2} P + \frac{L\omega}{U_2} Q$$

unde P și Q sunt puterile active și reactive absorbite la utilizare. Se vede și în acest caz că efectul nociv care este căderea de tensiune se poate descompune într'o sumă de doi termeni, dintre care unul este proporțional cu puterea activă și celalt proporțional cu puterea reactivă.

Pentru aceeași putere activă transportată căderea este tensiune :

$$\Delta U = A_1 + B_1\, Q$$

este o funcție de puterea reactivă Q transportată.

In cazul considerat mai sus al transportului de energie electrică pe linie, când P este pozitiv și Q este negativ se poate să se ajungă la situația ca $U_2 > U_1$ sau $\Delta U < 0$ și deci să avem un fenomen de supratensiune. Acest fenomen poate fi și mai supărător decât o cădere de tensiune.

Este cazul când curentul la utilizare este capacitiv și aci pe linii avem o circulație de puteri active și reactive în sens invers între ele, ceeace se poate ușor identifica prin aparate uzuale industriale.

In acest caz diagrama căderilor de tensiune ia forma din figura 3.

Când generatoarele la uzină sunt obligate a funcționa pe rețele capacitive cum este în general situația liniilor de înaltă tensiune în gol, atunci ele primesc puteri reactive, iar pentru ca tensiunea să fie menținută, generatoarele trebuesc subexcitate.

In aceste condiții se poate ajunge la anumite situații critice de instabilitate în funcționare, mai ales la mersul în paralel.

Reiese din această enumerare că racordarea unui consumator de putere reactivă la o rețea produce rețelei o serie de prejudicii cari sunt toate în funcțiune de putere reactivă absorbită de consumatorul respectiv.

Imbunătățirea condițiilor de funcționare ale sistemelor electrice are ca scop reducerea con-

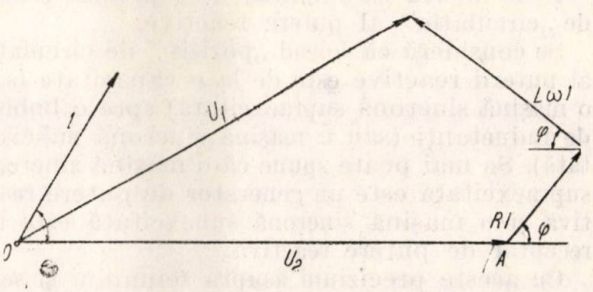


Fig. 3

sumului de putere reactivă la consumatori cât și a circulației ei. Această reducere a puterii reactive are ca urmare o creștere a factorului de putere.

IV. Semnul și sensul de circulație a puterii reactive

Puterea aparentă se scrie uzual sub forma vectorială complexă

$$S = P + jQ.$$

ceeace implică pentru puterile active și reactive o precizare a semnului, respectiv a sensului de circulație.

Pentru puterea activă, această precizare este simplă pe baza criteriului fizic de putere reală produsă şi puterea reală consumată.

Pentru puterea activă sensul pozitiv de „circulaţie" este dela generator spre receptor.

In ceeace priveşte puterea reactivă, distincţia nu mai este atât de evidentă între puterea produsă şi puterea consumată. Era nevoie de o convenţie recunoscută în acest scop. De aceea până la stabilirea unei convenţii a fost oarecum justificată folosirea terminologiei secundare de putere reactivă inductivă şi putere reactivă capacitivă. Este desigur evident că nu e vorba de două feluri de puteri reactive, fiecare în parte putând avea independent calitatea de produsă şi consumată. Este vorba din punct de vedere fizic de o singură putere reactivă însă de semne diferite.

Era totuşi necesar a se conveni asupra criteriului fizic pe baza căruia să se precizeze semnul puterii reactive.

S'a admis ca puterea reactivă pozitivă puterea reactivă furnizată unei bobine de inductanţă.

Considerăm convenţia asupra acestui criteriu fizic perfect valabilă. In ceeace priveşte convenţia asupra semnului puterii reactive, o precizare mai este necesară.

In adevăr, putere reactivă furnizată de un generator unei bobine de inductanţă trebue considerată pozitivă şi că deci puterea reactivă „primită" de aceeaşi bobină de inductantă este tot pozitivă. In schimb puterea reactivă „primită" de o capacitate urmează a fi considerată negativă. Numai aceste precizări ar fi concordante cu faptul fizic că o capacitate nu „primeşte" ci „produce" puterea reactivă.

Deasemenea este necesar de a preciza sensul de „circulaţie" al puterii reactive.

Se consideră că sensul „pozitiv" de circulaţie al puterii reactive este de la o capacitate (sau o maşină sincronă supraexcitată) spre o bobină de inductanţi (sau o maşină sincronă subexcitată). Se mai poate spune că o maşină sincronă supraexcitată este un generator de putere reactivă şi o maşină sincronă subexcitată este un receptor de putere reactivă.

Cu aceste preciziuni asupra semnului şi sensului de circulaţie pentru puterea reactivă se poate demonstra după cum vom vedea în cele ce urmează remarcabila proprietate de conservare a puterii reactive într'un sistem.

V. Despre semnificaţia şi aspectul fizic al puterii reactive

Asupra semnificaţiei fizice a puterii reactive s'au exprimat până în prezent diferite puncte de vedere cari merg până la cele două limite extreme şi anume :

1. Puterea reactivă este considerată ca o mărime fizică şi deci ca având o semnificaţie şi o natură fizică Acest punct de vedere este poate cel mai răspândit.

2. Puterea reactivă este considerată ca o simplă mărime de calcul lipsită de orice semnificaţie fizică.

Considerăm că ambele aceste puncte de vedere sunt prea categorice şi că ele nu sunt de natură a aduce preciziuni utile pentru înţelegerea problemei.

Insăşi noţiunea de mărime fizică nu este întotdeauna prea clară. Multe mărimi care au fost considerate mult timp ca mărimi fizice sunt considerate acum a fi lipsite de o realitate fizică Este cazul massei magnetice ca şi a multor alte mărimi.

Pe de altă parte sunt alte mărimi despre care ştim că nu sunt o realitate fizică şi care totuşi au o semnificaţie fizică foarte importantă cum sunt de exemplu valorile eficace de tensiune şi de curent.

In curent alternativ singura noţiune de putere care corespunde unei realizăţi fizice este puterea instantanee. Această noţiune de putere instantanee este deci singura dintre noţiunile de putere care este o mărime fizică în strictul sens al cuvântului.

Totuşi este foarte greu să considerăm puterea

$$P = \frac{1}{T}\int_0^+ pdt$$

activă ca o simplă mărime de calcul.

Aşa dar din cauza impreciziunii care este cuprinsă în noţiunea de mărime fizică, credem că trebue aduse precizări în definirea acestei noţiuni.

Ceeace interesează din punct de vedere fizic, pentru o mărime, este faptul dacă acea mărime are sau nu calitatea de a caracteriza anume fenomene fizice.

Aşa dar numai în cazul când o anumită mărime este susceptibilă de a caracteriza anumite fenomene fizice se poate spune despre acea mărime că are un aspect fizic, are o natură fizică şi numai prin prizma acestui punct de vedere, în mod impropriu se poate vorbi de o mărime fizică.

Ceeace ne interesează pe noi în cazul de faţă este de a examina şi preciza care sunt fenomenele fizice pe care le poate „caracteriza" mărimea de putere reactivă, care este deci aspectul său fizic sau natura sa fizică.

Ne propunem să scoatem aci în evidenţă următoarele patru grupe de fenomene care, puse în legătură cu noţiunea de putere reactivă, conferă acesteia o natură fizică.

1. In primul rând ne vom ocupa de corelaţia dintre puterea reactivă şi fenomenul fizic de conservare.

Principala proprietate a mărimii de putere reactivă este aceea a conservării ei, în mod similar şi simetric în condiţii uzuale cu proprietatea corespunzătoare a puterii reale.

Această proprietate de conservare conferă noţiunei de putere reactivă un sens fizic.

O demonstraţie pe care am dat-o conservării puterilor active şi reactive folosindu-ne de proprietăţile puterilor instantanee care constitue

de fapt singura realitate fizică în curentul alternativ o reamintim pe scurt în cele ce urmează :

Fie o rețea electrică formată dintr'un număr S de laturi, fără contacte alunecătoare și străbătută de curenți sinusoidali.

Notăm cu u_k tensiunea dintre nodurile adiacentre ale laturei K și cu i_k curentul din latura respectivă, K.

Aceste mărimi au următoarea formă :

$$u_k = \sqrt{2}\, U_k \sin(\omega t - \alpha_k)$$

$$i_k = \sqrt{2}\, I_k \sin(\omega t - \beta_k)$$

Aplicând prima lege a lui Kirchhof la fiecare nod, $\Sigma i_k = 0$ și impunându-se condiția ca ea să fie valabilă pentru oricare moment t, rezultă implicit că această lege se transformă în două relații :

$$\sum i'_k = 0 \quad \text{unde } i'_k = \sqrt{2}\, I_k \cos\beta_k \sin\omega t$$

$$\sum i''_k = 0 \quad \text{unde } i''_k = \sqrt{2}\, I_k \sin\beta_k \cos\omega t$$

Rețeaua reală poate fi deci considerată ca formată din suprapunere a două rețele fictive.

Pentru fiecare din cele două rețele avem conservarea puterilor instantanee respective.

$$\sum_{k=1}^{n} p' = \sum u_k\, i'_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^{n} p'' = \sum_{1}^{n} u_k\, i''_k = 0$$

Intrucât acest sistem trebue să fie satisfăcut oricare ar fi momentul t, reese că în întreaga rețea sunt implicit satisfăcute următoarele condiții :

$$\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin\alpha_k \sin\beta_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos\alpha_k \cos\beta_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin\alpha_k \cos\beta_k = 0$$

$$\sum_{k=2}^{n} U_k I_k \cos\alpha_k \sin\beta_k = 0$$

Două câte două din acest grup de relații ne dau :

$$\sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos(\alpha_k - \beta_k) = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos\varphi_k = \sum_{k=1}^{n} P_k = 0$$

$$\sum_{k=1} U_k I_k \sin(\alpha_n - \beta_k) = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin\varphi_k = \sum_{k=1}^{n} Q_k = 0$$

Obținem deci simultan și simetric pentru întreaga rețea principiul conservării, atât pentru puterile reale P_k cât și pentru puterile reactive Q_k.

Raționamentul de mai sus întrucât introduce și potențialele la noduri include implicit și principiul care stă la baza legii a doua a lui Kirchhoff.

Această proprietate a conservării este plină de consecințe privind aspectele tehnice ale fenomenelor reactive.

In adevăr o putere reactivă cerută de un consumator trebue să fie produsă undeva pe rețea.

Având însă în vedere prejudiciile la cari dă naștere transportul unei puteri reactive (pierderi de putere și căderea de tensiune suplimentare) este judicios ca producerea puterii reactive cerută de consumator să se facă pe cât se poate în apropierea lui.

Dacă nu se iau măsuri speciale puterea reactivă cerută de consumator se produce integral în generatoarele centralelor interconectate ale sistemului și se transportă prin toate instalațiile electrice dela generator la consumator.

Transportul acestei puteri reactive prin tot sistemul electric imobilizează sistemul cu o putere care nu e reală și care deci reduce din capacitatea de transport a rețelei pentru transportul de puterea reală.

In legătură cu aceste considerații trebue menționat că și puterea activă dă naștere la o serie de prejudicii similare celor provocate de puterea reactivă adică pierderi de putere, căderi de tensiune, etc.

Totuși această considerație nu trebue să ne facă să credem că este bine a produce și puterea activă cât mai aproape de fiecare consumator în parte.

Considerente tehnice economice ne arată că puterea activă trebue produsă centralizat în punctele în care această producere este cea mai avantajoasă.

Producerea puterii active comportă investiții mari, ceeace conduce la obligația de a o centraliza cât mai mult, ținând seama pe de o parte de disponibilitățile energetice, iar pe de alta de centrele de consum.

In schimb descentralizarea producerii puterii reactive este mult mai posibilă și în general mai recomandată.

Din aceste câteva considerații asupra conservării puterii reactive reiese aspectul fizic al acestei mărimi

Considerațiile de mai sus sunt valabile numai în cazul când toate elementele rețelei au aceeași pulsație.

S'a reproșat însă dese ori puterii reactive faptul că într'un transfer între două regimuri de pulsații diferite ea nu s'ar conserva. Pentru precizarea ideilor în legătură cu această problemă vom studia de exemplu, cazul cel mai expresiv al unei mașini asincrone.

In acest caz la puterea reactivă Q_2 constatată în secundarul mașinei sub o pulsație ω_2 corespunde la o putere reactivă în primar diferită.

$$Q_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} Q_2$$

Evident aci ne ocupăm numai de termenul care se transferă, nu și la cel localizat în propriul său câmp magnetic.

Această aparență de neconservare comportă o punere la punct pe care am avut ocazia a o releva mai mult.

Insuși puterile active P_1 și P_2 în primarul și secundarul unei mașini asincrone se găsesc în același raport.

$$P_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} P_2 \qquad P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1 - R_1 I_1^2$$

și

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 + R_2 I_2^2$$

Conservarea puterilor active apare numai introducând și puterea constatată mecanic pe arborele motor inclusiv pierderile mecanice.

$$P = P_1 - P_2 = \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} P_1\right)$$

In cazul puterilor reactive, situația de neconservare se datorește faptului că nu ținem seama de regimul total al puterilor instantanee.

Astfel acțiunea mecanică reciprocă a fazelor primare și secundare introduc puteri instantanee mecanice.

Media acestor puteri instantanee mecanice este puterea mecanică produsă și reprezintă diferența între puterea reală cedată de primar $M\omega_1 I_1 I_2 \sin \theta$ și puterea $M\omega_2 I_1 I_2 \sin \theta$ absorbită de secundar.

Deasemeni ceilalți termeni ai puterilor instantanee fac să apară expresia $M\omega I_1 I_2 \cos \theta$ reprezentând diferența între $M\omega_1 I_1 I_2 \cos \theta$ și $M\omega_2 I_1 I_2 \cos \theta$ adică puterile reactive consta tate pe primar și secundar, diferență care a fost interpretată ca o „neconservare".

In aceste expresii M este inductanța mutuală, I_1 și I_2 curenții primari și secundari, θ, unghiul lor de defasaj, iar $\omega = \omega_1 - \omega$, viteza mașinii.

Puterile reactive la cele două părți ale mașinei sunt puse în evidență pe fiecare fază primară și secundară, deși media valorilor puterilor instantanee respective nste nulă. Dar diferența în chestiune $M\omega I_1 I_2 \cos \theta$ nu e vizibilă mecanic pe arborele motor, întrucât ea este o medie de puteri instantanee, care fiind de natură reactivă, au o medie nulă.

Totuși acest termen $M\omega I_1 I_2 \cos \theta$ este datorit tocmai efectului mecanic de viteză $\omega = \omega_1 - \omega_2$ ca și pentru puterea reală.

Fie cazul la limita $\omega = \omega_1$ și $\omega_2 = 0$. Este cazul unui motor sincron. Secundarul este redus la un curent continuu.

Puterea reactivă nu poate avea nicio corespondență în un circuit de curent continuu, dar ea are o corespondență în puterile mecanice instantanee pe arborele motor. In cazul unui motor sincron monofazat exclusiv reactiv, puterile instantanee de ordin mecanic pe arborele motor sunt de forma $p = Q \sin 2\omega t$ unde Q este tocmai puterea reactivă la bornele electrice ale motorului, după deducerea fenomenelor interioare.

Contradicția de neconservare a puterii reactive confirmă de fapt tocmai proprietățile de conservare ale puterilor instantanee datorite atât fenomenelor active cât și reactive.

Când ne ocupăm de puterile active ținem seama de fenomenele mecanice pe arborele motor. Nu avem dreptul însă a neglija aceste fenomene, când ne ocupăm de fenomenele reactive.

2. In al doilea rând ne vom ocupa de corelația între puterea reactivă și puterile instantanee.

Să considerăm pentru simplitatea expunerii un sistem monofazat sinusoidal având o tensiune u și un curent i, definiți prin relațiile

$$u = \sqrt{2}\, U \sin \omega t$$

$$i = \sqrt{2}\, I \sin (\omega t - \varphi)$$

Expresia puterii instantanee va fi

$$p = ui = 2\, UI \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) =$$
$$= 2\, UI \sin^2 \omega t \cos \varphi - 2\, UI \sin \varphi \cos \omega t \sin \omega t$$
$$= UI \cos \varphi (1 - \cos 2\omega t) - UI \sin \varphi \sin 2\omega t$$

sau

$$p = p' + p''$$

unde $p' = UI \cos \varphi (1 - \cos 2\omega t)$ și

$$p'' = UI \sin \varphi \sin 2\omega t.$$

Puterea instantanee totală $p = ui$ este o funcție sinusoidală de frecvență dublă față de frecvența curentului sau a tensiunei.

Această putere instantanee se poate descompune în doi termeni p' și p''.

Puterea p' este o funcție de frecvență dublă față de curent sau tensiune, având totdeauna valoarea pozitivă și corespunzând transportului de putere reală într'un singur sens, dela generator la receptor.

Media acestei puteri în timp egală cu $UI \cos \varphi$ reprezintă tocmai puterea activă.

$$P = UI \cos \varphi$$

Puterea $p'' = -UI \sin \varphi \sin 2\omega t$ este și ea o funcție de frecvență dublă care are însă valoarea atât pozitivă cât și negativă, variind alternativ astfel încât ea corespunde unei puteri care oscilează într'un sens sau altul.

Amplitudinea acestei funcțiuni este $UI \sin \varphi$ adică tocmai ceeace am definit ca putere reactivă Q.

Media acestei puteri instantanee p'' este nulă.

Reiese din aceste considerente că puterea reactivă este numai amplitudinea unei puteri instantanee oscilante p'' a cărei medie în timp este nulă.

Această situație subliniază și ea un aspect al naturii fizice a noțiunei de putere reactivă.

3. In al treilea rând ne vom ocupa de aspectul energetic al puterii reactive.

Fie un sistem electric, în regim sinusoidal, în în care am notat cu ΣW_m suma energiilor medii localizate în câmpurile magnetice și cu ΣW_e suma energiilor medii localizate în câmpurile electrice ale sistemului.

Vom arăta că putere reactivă absorbită în sistemul respectiv este egală cu :

$$Q = 2\omega\,(\Sigma W_m - \Sigma W_e)$$

Fie într'adevăr un sistem electric compus din rezistențe, inductanțe și capacități.

Puterea reactivă totală consumată de sistem este egală cu suma puterilor reactive consumate de inductanțele sistemului mai puțin suma puterilor respective produse de capacitățile sistemului.

Puterea reactivă consumată de o inductanță L_k, parcursă de un curent $i_k = \sqrt{2}\, I_k \sin(\omega t - \alpha_k)$ este după formulă $Q_{mk} = U_k I_k \sin\varphi_k$ și știind că $\sin\varphi_k = 1$ și $U_k = L_k\,\omega I_k$

$$Q_{mk} = L_k\,\omega\, I_k^2$$

Energia înmagazinată în câmpul magnetic al inductanței k este în fiecare moment egală cu

$$W_k = \frac{1}{2} L_k\, I_k^2$$

Avem, înlocuind pe i_k prin

$$i_k = \sqrt{2}\, I_2 \sin(\omega t - \alpha_k)$$

următoarea expresie pentru energie :

$$w_k = \frac{1}{2} L_k\, 2I_k^2 \sin^2(\omega t - \alpha_k) =$$

$$= \frac{1}{2} L_k\, I_k^2 - \frac{1}{2} L_k\, I_k^2 \cos 2(\omega t - \alpha_k)$$

Se vede că energia înmagazinată în câmpul magnetic al inductanței k oscilează în jurul unei valori medii :

$$W_k = \frac{1}{2} L_k\, I_k^2$$

Găsim din considerațiile de mai sus

$$Q_{mk} = 2\,\omega\, W_{mk}$$

Suma puterilor consumate de toate inductanțele rețelei este în consecință :

$$\Sigma\, Q_{mk} = 2\,\omega\,\Sigma\, W_{mk} = 2\,\omega\, W_m$$

unde W_m reprezintă suma energiilor medii localizate în câmpurile magnetice ale sistemului.

Puterea reactivă produsă de capacitatea C_p a sistemului care are la borne o tensiune

$$u_p = \sqrt{2}\, U_p \sin(\omega t - \beta_p)$$

este după formula $Q_{ep} = U_p I_p \sin\varphi_p$

și știind că

$$I_p = C_p\,\omega\, U_p \text{ și } \sin\varphi_p = 1$$

$$Q_{ep} = C_p\,\omega\, U_p^2$$

Găsim din considerațiile de mai sus, în mod analog

$$Q_{ep} = +\,2\,\omega\, W_{ep}$$

Suma puterilor reactive produse de toate capacitățile rețelei este deci :

$$\Sigma Q_{ep} = 2\,\omega\,\Sigma\, W_{ep} = 2\,\omega\, W_e$$

unde W_e reprezintă suma energiilor medii localizate în câmpurile electrice ale sistemului.

Puterea reactivă totală absorbită de sistemul considerat va fi deci

$$Q = \Sigma\, Q_{mk} - \Sigma\, Q_{ep} = 2\,\omega\,(W_m - W_e)$$

Sub forma aceasta

$$Q = 2\,\omega\,(W_m - W_e)$$

se vede astfel legătura dintre puterea reactivă și energiile câmpurilor electrice și magnetice care au natură fizică precisă.

In considerarea expresiei puterii reactive sub forma

$$Q = 2\,\omega\,(W_m - W_e)$$

trebuie făcută o precizare. Demonstrația a fost făcută considerând că avem deaface numai cu capacități și inductanțe.

Sunt însă și aparate de altă natură cum de exemplu cazul mașinei sincrone, care când e supraexcitată funcționează ca o capacitate, iar când e subexcitată ca o inductanță.

Putem însă totdeauna substitui astfel de aparate prin inductanțe și capacități echivalente. Energiile magnetice și electrice ale acestor aparate echivalente produc însă pe rețea același regim de puteri instantanee și de același efect de putere reactivă, ca și aparatele reale propriu zise.

Cu această adăogire, expresia de mai sus a puterii reactive poate fi considerată ca fiind generală.

Trebuie menționat tot în legătură cu problema aspectului energetic al noțiunii de putere reactivă că s'au făcut propuneri de a caracteriza fenomenul reactiv prin altă mărime decât aceea azi cunoscută în Electrotehnică sub numele de putere reactivă, sub forma de :

$$Q = UI \sin\varphi = 2\,\omega\,(W_m - W_e)$$

Printre aceste propuneri, cea mai interesantă și care merită a fi relevată și pusă la punct în același timp, este aceea care s'a făcut în sensul de a se caracteriza fenomenul reactiv numai prin mărimea $(W_m - W_e)$

Considerațiile care au condus la această propunere sunt în linii generale următoarele :

1. Să exprimăm sub o formă mai generală prin T energia instantanee a câmpurilor magnetice, energia de natură cinetică (electrocinetică) și prin U energia instantanee a câmpurilor electrice de natură potențială (electrostatică).

Avem deci într'un sistem de mai multe circuite :

$$T = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + \ldots + M_1\, i_1\, i_2 + \ldots$$

$$U = \frac{1}{2} A_1 q_1^2 + \frac{1}{2} A_2 q_2^2 + \ldots + A_{12}\, q_1 q_2 +$$

Se poate astfel demonstra, că se ajunge la conservarea mărimei :

$$\int 2\,(T - U)\,dt \qquad (1)$$

Factorii A_1 și A_2 sunt mărimile fizice reprezentând inversul capacităților proprii sau mutuale, denumite elastanțe.

2. Relația (1) mai sus stabilită reprezintă o integrală în raport cu timpul, nu a puterii reactive (sau a energiei reactive) ci a produsului acestei energii prin un timp. Expresia $S = T - U$ care apare sub semnul integralei este de fapt funcțiunea lui Lagrange.

3. Expresiunea (1) depinzând de starea interioară a întregului sistem nu este altceva decât noțiunea de acțiune sub forma hamiltoniană, multiplicată cu un factor constant 2.

Acțiunea hamiltoniană se știe că are ca expresie :

$$A = \int_{t_1}^{t_2} (T - U)\, dt \qquad (2)$$

în care T este energia cinetică a unui fenomen fizic și U energia sa potențială.

Această noțiune având la origine lucrările lui Maupertius (1744) și apoi extinsă asupra principiului celei mai mici acțiuni a căpătat o oarecare desvoltare în mecanica analitică și în fizica teoretică.

Reamintim deasemeni că constanta h a lui Planck este tot o acțiune.

Pe aceste considerații s'a încercat a se trage concluzia că fenomenul reactiv ar fi de reprezentat nu prin mărimea de putere reactivă ci prin o mărime care ar fi valoarea medie a expresiei $(T - U)$ intrând în componența acțiunei și care deci ar avea aceeași expresie la orice pulsație și deci și în regim nesinusoidal.

Relevăm că asupra acestei propuneri, am prezentat când ea a fost făcută, rezervele și obiecțiunile noastre care în esență cuprind următoarele :

In adevăr teorema reprezentată prin (1) este perfect valabilă. Deasemeni nu putem contesta importanța fundamentală a acțiunii hamiltoniene. Dimpotrivă, corelația între puterea reactivă și acțiune contribue la consolidarea caracterului fizic al mărimii de putere reactivă.

Totuși considerăm că acțiunea singură nu e capabilă a caracteriza fenomenul reactiv așa cum intervine în electrotehnică.

Expresia $(T - U)_{med} = W_m - W_e$ constitue în adevăr un invariant într'un sistem electric. Dar un invariant nu e totdeauna capabil a caracteriza o anume manifestare fizică specială.

Astfel, de exemplu, o aceeași cantitate de energie reprezintă de asemeni un invariant în raport cu o infinitate de regimuri de puteri pe care deplasarea acestei energii le poate provoca. Dar pentru aceasta nimeni nu s'a gândit de a suprima mărimea de putere și de a ne limita numai la aceea de energie.

Pe de altă parte, efectele fenomenelor reactive sunt funcții de $Q = 2\omega (W_m - W_e)$ și nu numai de $(W_m - W_e)$. Este cazul pierderilor pe line sub forma ohmică, a căderilor de tensiune, a regimului de puteri instantanee constatate în rețea, etc.

Aceeași valoare de $(W_m - W_e)$ produce efecte fizice diferite pe pulsații de valori diferite. In consecință, factorul 2ω intervenind în expresia puterii reactive, nu este un simplu factor de ordine sau parazit. El are o semnificație fizică concretă reprezentând pulsația de oscilație a energiilor magnetice și electrice între câmpurile respective și aparatele reactive ale rețelei.

Factorul de putere este o funcție de putere reactivă iar nu de $(W_m - W_e)$.

Mărimea $(W_m - W_e)$ poate avea o semnificație și în curent continuu, regim care totuși este lipsit de orice fenomen reactiv.

In fine, substituirea puterii reactive prin $(W_m - W_e)$ ar comporta o modificare esențială de definiție, care s'a discutat dar nu s'a adoptat.

In consecință puterea reactivă nu are pretenția de a suprima mărimea fizică profundă de acțiune, ci tocmai servindu-se de această mărime prin multiplicarea cu factorul fizic $2\ \omega$, se obține o nouă mărime capabilă de a caracteriza fenomenul reactiv.

După cum am văzut, toate fenomenele reactive studiate în acest capitol erau funcțiuni de putere reactivă. In adevăr :

1. Puterea aparentă S pentru care trebue să se dimensioneze o instalație electrică având o capacitate de putere activă P este

$$S = P \sqrt{1 + \frac{Q^2}{P^2}}.$$

2. Pierderile de putere prin efectul Joule-Lenz într'o instalație electrică oarecare se pot scrie sub forma $p = A + B\,Q^2$.

3. Căderile de tensiune pe o linie de transport de energie electrică este

$$\Delta U = A + B\,Q$$

Așa dar, faptul că puterea reactivă Q este susceptibilă de a caracteriza fenomenele reactive ne îndreptățește să afirmăm despre ea că are o natură fizică.

VI. Considerații asupra noțiunilor de putere activă, putere reactivă, putere deformantă și factor de putere în regim nesinusoidal

1. Cele arătate mai sus au fost stabilite în ipoteza că regimul de funcționare este sinusoidal.

Să presupunem acum că avem de a face cu regimuri nesinusoidale.

Vom considera în primul rând un sistem monofazat nesinusoidal definit prin tensiunea u și curentul i

$$u = \sum_{k=1}^{n} \sqrt{2}\, U_k \sin (k\ \omega t - \alpha_k)$$

$$i = \sum_{k=1}^{n} \sqrt{2}\, I_k \sin (k\ \omega t - \beta_k)$$

2. Se definește putere instantanee în acest caz expresia :

$$p = ui = 2 \left[\sum_{k=1}^{n} U \sin (k\omega t - \alpha_k) \right] \cdot \left[\sum_{k=1}^{n} I_k \sin (k\ \omega t - \beta_k) \right]$$

Media puterii instantanee în timpul unei perioade care este egală cu puterea activă are valoarea :

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p\, dt$$

Efectuând calculele găsim :

$$P = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos(\alpha_k - \beta_k) =$$

$$= \sum^{n} U_k I_k \cos \varphi_k$$

dacă notăm cu $\varphi_k = \alpha_k - \beta_k$

3. In regim nesinusoidal puterea reactivă este definită de formula :

$$Q = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k \quad \text{unde} \quad \varphi_k = \alpha_k - \beta_k \qquad (5)$$

Am văzut că în regim sinusoidal puterea reactivă Q putea fi pusă sub forma :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \qquad (6)$$

De aci rezultă că expresia $\sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = 0$ în regim sinusoidal.

Calculând această expresie $\sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$ în regim nesinusoidal unde

$$S = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} U_k^2}\ \sqrt{\sum_{k=1}^{n} I_k^2}$$

$$P = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos \varphi_k$$

$$Q = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k$$

găsim

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \qquad (7)$$

$$= \sqrt{\sum (U_k^2 I_p^2 + U_p^2 I_k^2 - 2 U_k U_p I_k I_p \cos(\varphi_k - \varphi_p)}$$

Mărimea D am denumit-o putere deformantă.

Se vede dar că în regim sinusoidal puterea deformantă este nulă.

Prezența acestei puteri este numai datorită prezenței armonicilor de tensiune și curent.

Din relația (7) obținem

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$$

O justificare fizică a definițiilor de mai sus este dată de proprietatea de conservare a acestor diferite puteri.

In adevăr se poate demonstra că într'o rețea oarecare puterea activă P și puterea reactivă Q definite prin relațiile (4) și (5) se conservă algebric iar puterea aparentă S și puterea deformantă D definite de relațiile (6) și (7) se conservă vectorial.

Am văzut că în regim sinusoidal expresia puterii reactive putea fi pusă și sub forma

$$Q = 2\,\omega\,(W_m - W_e)$$

Și în regim sinusoidal puterea reactivă

$$Q = \sum_{1=k}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k$$

poate fi scrisă sub o formă asemănătoare.

In adevăr pentru fiecare armonică putem scrie :

$$U_k I_k \sin \varphi_k = 2k\omega\,(W_{mk} - W_{ek})$$

$$Q = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin \varphi_k = \sum_{k=1}^{n} 2k\omega\,(W_{mk} - W_{ek})$$

Cu alte cuvinte

$$Q = 2\,\omega_{med}\,(W_m - W_e)$$

Se vede deci că în regim sinusoidal puterea reactivă este $Q = 2\omega\ (Wm - We)$ adică este produsul energiei $Wm - We$ prin pulsația de oscilație 2ω și în regim nesinusoidal puterea reactivă este produsul dintre aceeași energie $Wm - We$ și un factor reprezentând media ponderată a pulsațiilor de oscilație a energiilor intrinsece pe diverse armonice, $2\omega_{med}$, în care ω_{med} are semnificația dată mai sus.

4. Odată definită puterea activă P, puterea reactivă Q și puterea deformantă D, factorul de putere în regim nesinusoidal se definește a fi egal cu :

$$K = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

Se vede că în afară de energia reactivă care contribue și în regim sinusoidal la a reduce factorul de putere, în regim nesinusoidal o nouă cauză de micșorare a factorului de putere este puterea deformantă.

Puterea deformantă, în afară de influența sa asupra factorului de putere, caracterizează în general fenomenele fizice de deformare ale funcțiunilor tensiune și curent. Aceste fenomene, care apar în regim nesinusoidal pot fi mai complicate și uneori mai supărătoare chiar decât fenomenele reactive.

VII. **Precizări asupra noțiunilor de factor de putere**

Această noțiune de factor de putere desemnată adesea și prin cos φ are o semnificație sub această formă numai în regim monofazat sinusoidal sau polifazat echilibrat sinusoidal când și unghiul φ are semnificație uzuală cunoscută.

In regim desechilibrat se poate vorbi de un factor de putere sub forma de cos φ numai pe fiecare fază în parte. Sub formă globală, factorul de putere are numai semnificația dată de formula

$$Q = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

In regim nesinusoidal deasemenea factorul de putere are o semnificație sub forma

$$K = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

Totuși am avut ocazia a arăta că și în regim nesinusoidal factorul de putere poate fi privit sub formă de cos φ în care φ de data aceasta ar fi unghiul dintre vectorii rezultanți ai ten-

siunii U și curentului I considerați în spațiu multidimensional, definit de armonicele de tensiune și curent.

VIII. Energie reactivă și factor de putere mediu

Odată definită noțiunea de putere activă, reactivă și aparentă atât în regim sinusoidal cât și în regim nesinusoidal se obișnuește definirea energiei reactive după formula :

$$W_Q = \int_0^T Q \, dt$$

Aceasta este însă o mărime având o semnificație și o natură fizică mai puțin precisă.

In același mod s'ar putea defini și „energia deformantă" ca fiind egală cu

$$W_D = \int_0^T D dt$$

Cu aceste noțiuni stabilite se poate defini ca factor de putere mediu în intervalul $O \div T$:

Pentru regim sinusoidal :

$$K = \frac{W_k}{\sqrt{W_P^2 + W_Q^2}}$$

Pentru regim nesinusoidal :

$$K = \frac{W_p}{\sqrt{W_P^2 + W_Q + W_D^2}}$$

S'a notat :

$$W_P = \int_0^T P \, dt \quad W_Q = \int_0^T Q \, dt \quad W_D = \int_0^T D \, dt$$

Aceste noțiuni de factor de putere mediu au o importanță în practică, deoarece factorul de putere se calculează la consumatorii industriali din indicațiile contorilor de energie activă și reactivă.

Menționăm însă că în practica industrială uzuală se neglijează termenul W_D.

Puterea deformantă rămâne însă un criteriu științific de cercetare a fenomenelor deformante și în special a localizării acestor fenomene, cât și de studiu a aparatelor deformante.

IX. Măsura puterii și energiei reactive precum și a factorului de putere

Tehnica măsurilor de putere reactivă este destul de complicată, prezentând dificultăți mai mari decât a măsurilor puterii active.

In practica curentă industrială, se pot folosi aparate destinate măsurilor în sisteme sinusoidale monofazate, dar mai ales în sisteme trifazate tot sinusoidale cu tensiunile echilibrate, curenții putând fi oricum.

In repim sinusoidal având tensiunea u și curentul i

$$u = \sqrt{2}\, U \cos(\omega t - \alpha)$$
$$i = \sqrt{2}\, I \cos(\omega t - \beta)$$

se crează în mod artificial o tensiune u' având valoarea

$$u' = \sqrt{2}\, U \sin(\omega t - \alpha)$$

și se măsoară cu un dispozitiv wattmetric media mărimii $q = u'i$, care ne dă tocmal puterea reactivă Q conform definiției sale.

$$Q = \frac{1}{T}\int_0^T q dt = \frac{1}{T}\int_0^T u' i \, dt = UI \sin Q$$

Relevăm că s'a propus chiar ca mărimea $q = u'i$ să se denumească putere reactivă instantanee.

In regim trifazat sinusoidal cu tensiuni echilibrate și curenți desechilibrați, puterea reactivă se măsoară prin mărimea :

$$Q = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1}{T}\int_0^T (u_1 \, i_3 + u_{23} \, i_1 + u_{31} \, i) \, dt$$

care redă valoarea teoretică a acestei noțiuni.

Teoria și practica ne arată că erorile produse în cazul desechilibrului de tensiuni în funcționarea uzuală a întreprinderilor industriale intră în limita admisibilă.

Pentru cercetări științifice cât și pentru cercetări de exploatare am avea nevoie de aparate funcționând într'un regim oarecare, cari principial s'ar putea construi cu o funcționare în limita erorilor admisibile.

Aparatele măsurând puterile reactive au căpătat numele de varmetre.

In regim nesinusoidal atât mărimea

$$Q = \sum_{k=1}^{u} U_k \, I_k \sin \varphi_k$$

cât și mărimea

$$D = \sqrt{\Sigma [U_m^2 I_n^2 + U_n^2 I_n^2 - 2 U_m U_n I_m I_n \cos(\varphi_m - \varphi_n)]}$$

nu se pot determina prin măsurări directe, ci numai cu ajutorul calculului, prin metode oscilografice, metode de măsuri aproximative ete.

Măsurarea energiei reactive se face în practica industrială cu ajutorul contorilor de inducție.

Principiul măsurii este valabil în cazul regimului sinusoidal și a sistemelor polifazate cu tensiuni echilibrate și curenți oricum.

In practică industrială cum aceste condiții sunt aproximativ satisfăcute indicațiile lor prezintă o suficientă exactitate.

Măsura factorului de putere mediu care este atât de important din punct de vedere practic nu se determină pe calea măsurii directe ci se calculează din indicațiile contorilor de energie activă și a celor de energie reactivă.

Față de importanța problemei fenomenelor reactive, în o exploatare este necesar a se monta varmetre atât la centrale electrice, cât și în anume puncte caracteristice ale rețelei spre a se putea identifica atât puterile reactive care intervin cât și mai ales circulația lor.

X. Principalii consumatori de putere reactivă. Problema compensării

Consumatorii principali de putere reactivă într'un sistem electric sunt motoarele sincrone și transformatorii.

Din totalul puterii reactive consumate de un sistem electric, motoarele sincrone consumă cel puțin 70% iar transformatorii până la 20%.

Restul de putere reactivă este consumată în bobinele de reactanță, rețele electrice aeriene, diverse aparate de inducție și orice alt aparat echivalent cu un receptor reactiv.

1. Motoare asincrone. Puterea reactivă consumată de un motor asincron poate fi descompusă în două componente : puterea reactivă necesară mersului în gol condiționându-l de fluxul magnetic principal al motorului și care în mod practic nu depinde de sarcini și apoi puterea reactivă consumată în inductanțele de scăpări ale înfășurărilor statorice și rotorice, putere reactivă proporțională cu pătratul sarcinei.

Fie un motor asincron având o putere nominală mecanică P_n și funcționând cu o putere mai mică decât P_n pe care o vom nota cu P_n vom nota deasemeni :

$\beta = \frac{P}{P_n}$ denumit coeficient de sarcină, Q puterea reactivă absorbită de motorul funcționând sub sarcina P. Q_0 puterea reactivă consumată de motorul funcționând în gol. ΔQ_n creșterea consumului de putere reactivă a motorului în cazul variației sarcinei dela zero la sarcina nominală, puterea activă absorbită de motor, iar η randamentul motorului

$$\frac{1}{\eta} = \varphi(\beta)$$

Cu aceste notații avem :

$$Q = Q_0 + \Delta Q_n \beta^2$$

$$P_a = \beta \varphi(\beta) P_n$$

Pe baza acestei expresii se ajunge la concluzia că la același motor factorul de putere este cu atât mai coborît cu cât motorul funcționează cu un coeficient de sarcină mai mic deci mai descărcat.

O concluzie de importanță capitală care se deduce din considerațiile de mai sus este că trebue căutat pe cât posibil, a funcționa cu motoarele cât mai aproape de puterea lor nominală și că trebue în orice caz evitat mersul în gol al motoarelor asincrone.

2. In ceeace privește puterea reactivă absorbită de transformator aceasta se poată separa în două componente dintre care una nu depinde de sarcină și a doua este proporțională cu pătratul sarcinei.

Cu alte cuvinte vom putea scrie cu notații asemănătoare celor dela motoare

$$Q = Q_0 + \Delta Q_n \beta_T^2$$

In acest caz însă

$$\beta = \frac{I}{I_n}$$

In mod analog ca pentru motoare și pentru transformatori se poate arăta că funcționarea în gol sau cu sarcină redusă se face sub un factor de putere redus — ceeace trebue evitat pe cât posibil.

Am văzut în capitolul III că circulația unei puteri reactive dela punctul de producere la punctul de consum dă naștere la o serie întreagă de prejudicii.

Scopul tuturor măsurilor luate în vederea îmbunătățirii factorului de putere este în fond acel de a readuce la minimum circulația de putere reactivă dela punctele producătoare la punctele consumatoare.

Nu vom intra în detaliile acestor măsuri de îmbunătățire ale factorului de putere, deoarece această chestiune formează obiectul unui alt articol.

Ne vom mărgini numai la câteva idei fundamentale în această privință.

Pentru a reduce la minimum circulația de putere reactivă între punctele producătoare și punctele consumatoare se pot folosi principial următoarele metode :

1. Limitarea pe cât posibil a consumului de putere reactivă la receptori. (Această metodă poartă numele de compensare naturală).

2. Utilizarea receptorilor cu consum scăzut sau chiar negativ de putere reactivă.

3. Montarea în imediata apropiere a receptorilor care consumă putere reactivă a unor dispozitive care să genereze această putere în scopul de a reduce la minimum circulația ei.

Aceste ultime două metode poartă numele de compensare artificială a puterii reactive.

In cadrul primei metode menționăm :

a) Utilizarea rațională a motoarelor și transformatorilor prin îndepărtarea surplusului de putere.

b) limitarea mersului în gol prin folosirea limitatorului de mers în gol la motoarele electrice ale mașinilor unelte.

In cadrul celei de a doua metode menționăm :

a) folosirea motoarelor sincrone ;

b) folosirea motoarelor asincrone sincronizate ;

c) folosirea motoarelor asincrone cu compensatori de faze ;

d) folosirea motoarelor speciale cu colector ;

In cadrul celei de a treia metode menționăm :

a) montarea condensatorilor statici ;

b) montarea compensatorilor sincroni.

XI. Contribuția științei și tehnicei sovietice

Problema factorului de putere a făcut obiectul unor studii aprofundate în U.R.S.S. atât în domeniul teoretic cât și în domeniul realizărilor practice.

Știința sovietică, insistă asupra metodelor de compensare naturală precizând numeroase măsuri de luat în cadrul acestei preocupări.

In special se dă o atenție deosebită la construirea și întreținerea motoarelor asincrone și transformatorilor în scopul realizării unui maximum de reducere a consumului de putere reactivă.

In ceeace privește sincronizarea motoarelor asincrone, tehnica sovietică a dat o soluție simplă și economică prin folosirea redresorilor de seleniu.

Deasemenea, în ceeace privește condensatorii statici tehnica sovietică a reușit să rezolve cu succes o serie de probleme foarte delicate privind construcția și funcționarea acestor aparate.

XII. Problemele științifice și tehnice pentru viitor

Problema fenomenelor reactive atât în domeniul teoretic cât și cel al aplicațiilor practice nu este încă epuizată. Sunt numeroase aspecte ale acestor probleme care mai au nevoie de cercetări științifice și tehnice în vederea punerii la punct. Menționăm câteva din aceste chestiuni care au fost propuse și sunt în evidența cercetărilor. :

1. Definiția valorii instantanee a puterii reactive și a energiei reactive în regim sinusoidal.

2. Perfecționarea metodelor de identificare pe o cale mai rapidă în exploatările industriale, a circulației de putere reactivă.

3. Perfecționarea metodelor de compensare.

4. Perfecționarea metodelor de măsura puterilor reactive și deformante.

5. Ce reactanțe trebuesc să intervină în regim nesinusoidal în studiul influenței mașinilor rotative asupra fenomenelor deformante.

6. Influența deformațiilor produse de efectul corona asupra funcționării bobinelor de stingere.

7. Studiul diverselor metode pentru localizarea fenomenelor deformante produse de un ansamblu de reactanțe și capacități.

8. Aprofundarea aspectului fizic al fenomenelor reactive și deformante într'un regim oarecare.

Credem că prin rezolvarea problemelor de acest fel se va permite un însemnat progres în problema fenomenelor reactive și deformante precum și în cea a factorului de putere.

Intreaga problemă este de o deosebită importanță pentru instalațiile noastre electrice, atât ținând seama de stadiul lor actual, cât și mai ales de extinderea acestor instalații în cadrul marei opere a electrificării.

★

ОБЩИЕ НАУЧНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Р е з ю м е

Многостороне освещая вопрос коэффициента мощности, автор останавливается на общенаучной стороне вопроса и изучает в особенности реактивные процессы и новую величину, называемую реактивной мощностью, которая объясняет существование коэффициента мощности.

CONDUCEREA DE CĂTRE DISPATCHER A UNUI SISTEM ENERGETIC

Ing. S. MARCU

Autorul tratează problema conducerii unui sistem energetic de către un grup de dispatcheri, arătând funcțiunile principale ale acestuia și procedeele de conducere cu ajutorul aparatajului de telemăsurare și telesemnalizare.

Tendința de bază a desvoltării energeticei o constitue concentrarea din ce în ce mai mare a producerii de energie electrică. Această concentrare se manifestă prin creșterea puterii centralelor electrice și a lungimii rețelelor electrice, iar mai târziu, prin unirea într'un sistem energetic a mai multor centrale, stații și rețele, legate într'un singur tot prin unitatea proceselor de producere, distribuție și consumație a energiei electrice. Regimul de lucru al centralelor și rețelelor este determinat de cerințele față de regimul de lucru al întregului sistem, cu considerarea particularităților tehnologice ale fiecărei centrale.

Regimul de lucru al unui sistem energetic trebue să satisfacă următoarele condiții :

1. Indeplinirea planului de producere a energiei electrice și acoperirea vârfurilor de sarcină electrică.

2. Lucrul stabil și fără întrerupere atât al întregului sistem, cât și al tuturor elementelor componente.

3. Asigurarea calității energiei produse (frecvența, tensiunea, presiunea aburului, temperatura aburului și a apei calde, furnizate de către centralele de termoficare) în toate punctele sistemului, corespunzător normelor stabilite.

4. Asigurarea lucrului în condiții economice optime, prin folosirea cât mai largă a resurselor

energetice locale. Producția de energie electrică are specificul său, complect deosebit de al altor ramuri de producție, și anume :

1. Prima și cea mai importantă caracteristică a sistemelor energetice constă în simultaneitatea proceselor de producere, distribuire și consumare a energiei electrice, fără posibilitatea de acumulare. Aceasta transformă întregul sistem într'un mecanism unic, toate elementele fiind reciproc legate și acționând reciproc.

2. A doua caracteristică constă în rapiditatea relativă a proceselor transitorii în sistem, cât și în caracterul oscilatoriu al sarcinii, cu eventuale vârfuri brusce.

3. A treia caracteristică constă în legătura strânsă a sistemului energetic cu toate ramurile industriei, transportului, vieții casnice etc., a căror activitate este condiționată de furnizarea de energie electrică și de oscilațiile acesteia. Ultima condiție ridică mult cerințele față de stabilitatea lucrului sistemului și necesită existența unei rezerve îndestulătoare de putere.

Lucrul în comun al elementelor componente ale sistemului respectând cerințele enumerate și având în vedere specificul sus arătat, e posibil numai în cazul când există un centru unic de conducere, care să coordoneze, să îndrumeze după un plan stabilit și să controleze lucrul întregului sistem. Această funcție e îndeplinită de serviciul de dispatcher al sistemului, care constă din :

a) grupul regimurilor, care stabilește regimul de exploatare al sistemului ;

b) grupul de dispatcheri, care înfăptuește conducerea operativă a sistemului. Datorită continuității procesului de producere și consumare a energiei electrice, conducerea operativă a sistemului se realizează deasemenea neîntrerupt, de către dispatcherul de serviciu, dela postul de dispatching.

Funcțiile îndeplinite de grupul regimurilor sunt :

1. Intocmirea planului de reparații capitale și reparații curente ale utilajului principal al centralelor, stațiilor și rețelelor.

2. Intocmirea planului pentru regimul hidroenergetic al centralelor hidroelectrice.

3. Intocmirea graficelor de sarcină a centralelor și rețelelor, având în vedere reparațiile și variațiile sezoniere ale puterii efective a centralelor electrice.

4. Intocmirea graficului de nivel al tensiunilor în punctele nodale ale sistemului și a barelor principale ale centrelor.

5. Intocmirea graficului tip pe fiecare zi pentru sarcina activă și reactivă pe sistem, cu diviziunea lui pentru fiecare centrală.

6. Calculul distribuirii puterilor și al distribuirii tensiunilor în rețeaua principală.

7. Schema de conexiune reală a sistemului și a elementelor componente.

Funcțiile principale ale conducerii operative a sistemului (grupa de dispatcheri) sunt :

1. Distribuirea sarcinii pe sistem între centralele mari și centralele de importanță locală, în concordanță cu programul de producție, cerințele economice și de stabilitate a lucrului paralel al centralelor în sistem, cât și cu existența rezervelor energetice (combustibil la centrale termoelectrice sau apă în bazinele de acumulare ale centralelor hidroelectrice).

Graficul zilnic al sarcinei active și reactive pe sistem cu diviziunea pe centrale se aprobă de către inginerul-șef al sistemului și se anunță centralelor cu o zi înainte.

2. Indrumarea personalului de serviciu la centrale și în rețele în ce privește acțiunile lor pentru reglajul frecvenței și tensiunii și a distribuirii sarcinei active și reactive. Dispatcherul de serviciu e obligat să efectueze un control permanent asupra menținerii frecvenței în limitele admisibile și asupra respectării nivelului de tensiune stabilit în fiecare punct al sistemului.

In cazul când frecvența ajunge sub limita minimă admisibilă, dispatcherul trebue să introducă în lucru rezervele de putere existente. Dacă frecvența continuă să scadă după ce au fost introduse în lucru toate rezervele existente, dispatcherul trebue să ia măsuri extreme, ca de ex. scoaterea din lucru a consumatorilor mai puțin importanți.

In caz de scădere a tensiunii până la limite amenințătoare pentru stabilitatea sistemului, dispatcherul de serviciu trebue să ia toate măsurile pentru ridicarea tensiunii, ca : ridicarea tensiunii la barele centralelor sau stațiilor care au compensatori, schimbarea coeficientului de transformare al transformatorilor cu reglaj sub sarcină.

Dispatcherul de serviciu are dreptul să schimbe graficul de sarcină a centralelor față de graficul dinainte stabilit, în scopul măririi stabilității sau economiei regimului de lucru, deasemenea în cazul devierii dela regimul dinainte stabilit.

3. Conducerea personalului de serviciu în ce privește schimbările schemei de conexiune a centralelor și rețelelor, ce intră în competența dispatcherului central.

4. Ordonarea scoaterii din exploatație a utilajului pentru reparații capitale sau curente.

5. Conducerea reparațiilor de lichidare a avariei în sistem. Dispatcherul de serviciu este obligat — în caz de avarie în sistem — să ia toate măsurile necesare pentru restabilirea regimului de lucru normal, conducând și coordonând toate acțiunile personalului de serviciu, îndreptate în acest sens. El este răspunzător de toate măsurile luate. In caz când acțiunile sale sunt greșite, persoanele instanței superioare tehnice (dispatcherul-șef al sistemului, inginerul-șef al sistemului) sunt obligate să intervină, luând asupra lor răspunderea pentru desfășurarea ulterioară a lichidării avariei.

6. Alcătuirea materialului auxiliar și a rapoartelor, necesare pentru lucrul serviciului de dispatcheri.

Din punct de vedere operativ, serviciului de dispatcher îi sunt subordonate toate elementele

componente ale sistemului, care influențează regimul de lucru al sistemului, și anume :

a) toate centrele raionale (regionale) și acele din centralele locale, care prin dimensiunile lor sau prin condițiile de lucru prezintă importanță pentru lucrul sistemului ;

b) toate liniile importante și stațiile importante (nodale sau de tranzit) ;

c) rețelele și stațiile de distribuție, dacă prin barele lor are loc funcționarea în paralel a centralelor, ce sunt subordonate dispatcherului.

In timpul serviciului său, dispatcherul este conducătorul tehnico-operativ al întregului sistem. El transmite direct personalului de serviciu la centrale, stații și rețele, ordinele privind exploatarea. Ordinele directorului sau inginerului-șef al centralelor sau rețelelor respective în chestiunile, care intră în competența dispatcherului, se îndeplinesc de către personalul de serviciu numai cu aprobarea dispatcherului de serviciu, cu excepția măsurilor menite să evite sau să lichideze eventuale avarii la aceste elemente. Conducerea operativă a sistemului se poate realiza în două feluri :

a) In mod centralizat — când toate elementele componente ale sistemului, centrale, stații, rețele, — intră direct în competența dispatcherului central. Această structură a conducerii operative se folosește în special în sistemele mici.

b) In trepte — când în afară de dispatcherul central există dispatcheri regionali. Aceștia au în subordine o serie de centrale și stații mai mici — aflate într'un raion relativ mic — de importanță locală, al căror regim de lucru nu influențează regimul de lucru al sistemului. Dispatcherii regionali sunt subordonați dispatcherului central în problemele, care prezintă importanță pentru întregul sistem (de ex. puterea totală a stațiilor din raionul respectiv, tensiunea la barele de conexiune cu rețeaua principală a sistemului etc.). Această structură e convenabilă pentru sisteme mai desvoltate.

O importanță deosebită pentru conducerea sistemului de către dispatcher o prezintă posibilitățile de comunicație între dispatcher și personalul de serviciu la obiectele controlate. Cel mai simplu mijloc de legătură îl constitue telefonul, care poate servi atât pentru informarea dispatcherului asupra funcționării și regimului de lucru al sistemului, cât și pentru transmiterea ordinelor date personalului de serviciu.

Deaceea, la începutul desvoltării sistemelor energetice, telefonul a servit ca mijloc unic de legătură. Odată cu desvoltarea sistemelor, acest mijloc devine cu totul insuficient, deoarece pe de o parte, odată cu mărirea sistemului, cerințele față de condițiile de lucru ale ficcărui element în parte devin mult mai severe, în scopul asigurării stabilității lucrului în paralel, pe de altă parte, informația pe care o poate căpăta dispatcherul prin telefon este nesatisfăcătoare, neputând asigura repeziciunea necesară. Astfel, pentru ca dispatcherul să cunoască sarcina totală a sistemului, el trebue să ceară prin telefon dela fiecare centrală sarcina centralei respective, pentru ca apoi să calculeze sarcina pe sistem. Această operație cere cu atât mai mult timp, cu cât mai multe centrale intră în competența sistemului. Informațiile asupra eventualelor declanșări în sistem parvin dispatcherului deasemenea cu întârziere, astfel încât practic dispatcherul nu poate urmări în fiecare moment și nu poate avea o idee clară asupra regimului de lucru al sistemului.

Insuficiența telefonului ca mijloc al conducerii operative apare in mod cu totul deosebit, în caz de avarii. Datorită repeziciunii cu care se produc fenomenele tranzitorii în sistem (scăderea frecvenței, scăderea tensiunii, separarea sistemului în părți ce lucrează nesincron etc.) dispatcherul nu poate afla din timp producerea avariei și nu reușește să ia imediat măsurile necesare pentru lichidarea rapidă a avariei. De multe ori, stabilirea cauzei exacte și a locului avariei e dificilă. In afară de aceasta, transmiterea ordinelor către personalul de serviciu prin telefon e prea înceată, față de repeziciunea de desvoltare a proceselor.

Toate acestea au dus la necesitatea introducerii pe de o parte, a unor aparate automate, cu acțiune rapidă, care intrând în funcțiune la producerea avariei, să împiedice extinderea și să localizeze efectele avariei (relee de protecție, întrerupători automați aparate pentru reanclanșarea liniilor după declanșarea lor în caz de suprasarcină temporară — APV — , aparate pentru anclanșarea automată a rezervelor — AVR — aparate de reglaj al frecvenței, aparate de reglaj al tensiunii, sisteme de forțare a excitației, automate pentru scoaterea din lucru a consumatorilor mai puțin importanți în caz de scădere a frecvenței sub limitele admisibile — AAPC — ; pe de altă parte, un avantaj special de comunicație a dispatcherului, cu acțiune la distanțe mari — aparataj telemecanic — cu care se înzestrează postul de dispatching.

Aparatajul telemecanic cuprinde :

A) Aparataj de telemăsurări, care transmite la distanță mărimea parametrilor, importanți pentru regimul de lucru al sistemului Σ Pa, ΣPr, U, f (puterea totală activă sau reactivă a unei centrale, sarcina liniilor magistrale, tensiunea la barele centralelor sau stațiilor, frecvența, sarcina transformatorilor, nivelul apei în

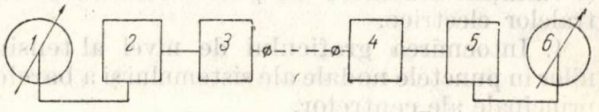


Fig. 1

bazinele de acumulare, presiunea aburului etc.) — dela punctele comandate la postul de dispatching. Pentru transmiterea la distanță a mărimilor date, este necesară transformarea lor în altă mărime convenabilă, pentru a putea învinge distanța și respectiv transformarea la punctul de recepție în mărimea inițială. Deaceea, un aparat de telemăsurare constă din mai multe părți (schema în fig. 1).

1. Aparatul de măsură primar (wattmetru, voltmetru, manometru etc.).

2. Aparatul intermediar de transformare al mărimii date în altă mărime (de exemplu transformarea mărimii date în curent alternativ, cu frecvență proporțională cu mărimea măsurată).

3. Elementul de legătură cu canalul de comunicație (de ex. : redresor, filtru etc.) la postul de emisie.

Aceste trei părți formează emițătorul de telemăsuri.

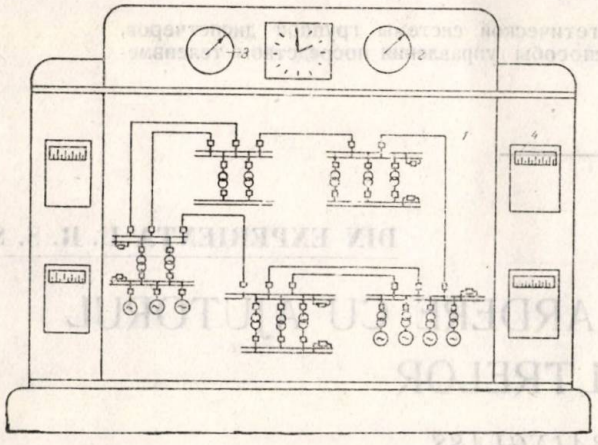


Fig. 2

1. Schema oarbă a sistemului; 2. Aparat de măsură a sarcinei active totale a sistemului; 3. Aparat de măsură a frecvenței; 4. Aparate de înregistrare.

4. Elementul de legătură cu canalul de comunicație la postul de recepție.

5. Aparatul intermediar de transformare a mărimii transmise în mărimea inițială.

6. Aparatul de măsură secundar.

Ultimele trei părți formează receptorul aparatului de telemăsuri.

B) Aparataj de telesemnalizare, care transmite la postul de dispatching informații asupra poziției aparatului de conexiune, a aparatajului de reglaj, asupra stării rețelelor — deasemenea asupra tuturor declanșărilor și schimbărilor survenite în schema de conexiune. Telesemnalizarea este asemănătoare cu semnalizarea poziției întrerupătorilor. la o centrală. De exemplu, se stabilește corespondența dintre poziția obiectului (închis-deschis) și culoarea simbolului obiectului respectiv dela postul de dispatching. Specific pentru telesemnalizare este transmiterea mai multor semnale la distanță prin folosirea unui număr minim de conductori (sistemele cu cord, sistemele cu selectori).

La postul de dispatching se află tabloul de dispatching, pe care este înfățișată mnemoschema (schema oarbă) a sistemului, cu simbolurile elementelor reactive. Orice schimbare în schema de conexiune a sistemului, transmisă prin telesemnalizare, se reflectă pe tabloul de dispatching.

Vederea generală a unui tablou de dispatching este redată în fig. 2.

C) Aparataj de telecomandă, care permite dispatcherului să efectueze direct dela postul de dispatching operații cu utilajul principal al sistemului, fără intermediul personalului operativ de serviciu. Telecomanda este asemănătoare cu comanda utilajului din camera de comandă a centralelor sau stațiilor, cu deosebirea că, ca și în cazul telesemnalizării, se folosesc metode speciale pentru micșorarea numărului de conductori între cele două puncte.

Butoanele de telecomandă sunt așezate pe pupitrul dispatcherului, împreună cu aparatele de telemăsuri și comutatorul telefonic. Exemplu de pupitru de dispatching este arătat în fig. 3.

Introducerea aparatajului telemecanic în sistemele energetice prezintă următoarele avantaje :

1. Controlul permanent asupra regimului întregului sistem și a tuturor elementelor componente, dând posibilitatea dispatcherului să aibă permanent în față imaginea complectă a schemei de conexiune și a mărimii tuturor parametrilor de bază ai sistemului.

2. Perceperea imediată a tendinței de schimbare în regimul sistemului.

3. Informarea imediată asupra producerii unei avarii, posibilitatea de stabilire exactă a locului și cauzelor avariei și lichidare a avariei, prin efectuarea de aclanșări sau declanșări rapide.

4. Micșorarea personalului operativ la centrale și stații, prin trasarea lor la comandă direct dela postul de dispatching.

In U.R.S.S. telemecanizarea sistemelor energetice este foarte desvoltată. Un număr însemnat de centrale hidroelectrice și de stații au fost complect telemecanizate și funcționează fără personal de serviciu. în mod cu totul satisfăcător. Aparatajul telemecanic, fabricat de industria sovietică, a dovedit în exploatare calități foarte bune. Guvernul sovietic și P.C.U.S. acordă o mare atenție telemecanizării, alături de automatizare. In directivele pentru al cincilea plan cincinal de desvoltare a economiei

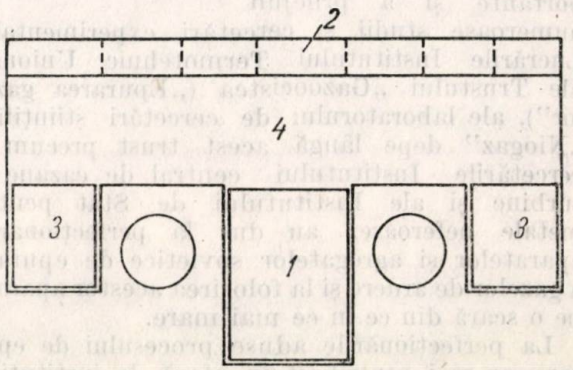


Fig. 3

1. Butoanele de telecomandă; 2. Aparatele de telemăsuri; 3. Comutatorul telefonic; 4. Loc de scris pentru dispatcherul de serviciu și ajutorul său.

U.R.S.S., adoptate de către al XIX-lea Congres al P.C.U.S., se prevede introducerea pe o scară cât mai largă a automatizării și telemecanizării în sistemele energetice.

Problema telemecanizării sistemelor energetice devine actuală și pentru țara noastră.

Funcționarea în condiții optime a sistemelor noastre energetice cere instalarea unor posturi de dispatcher, înzestrate cu aparataj telemecanic modern. Experiența sovietică atât de bogată ne este în acest domeniu, un ajutor prețios.

Bibliografie

1. *Marcovici* „Rejimă energheticeschih sistem" (1952).
2. *Gavrilov*: „Telemehanizația dispetcerscovo upravlenia" (1938).
3. *Malov*: „Telemehanica v energheticeschih sistemah" (1951).
4. „Pravila tehnicescoi exploatații electriceschih stanții i setei" (1947). (Ministerstva Electrostanții S.S.S.R.).

★

ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Резюме

Автор излагает вопрос управления энергетической системы группой диспетчеров, указывая главные обязанности последних, и способы управления посредством телеизмерительной и телесигнализационной аппаратуры.

DIN EXPERIENȚA U. R. S. S.

EPURAREA GAZELOR DE ARDERE CU AJUTORUL ELECTROFILTRELOR

Conf. dr. S. BAINGLASS

Autorul, după ce arată necesitatea epurării gazelor de ardere din centralele termoelectrice, care consumă combustibil inferior, descrie succint mijloacele folosite în U.R.S.S. pentru captarea cenușii volante, expune apoi bazele teoretice ale epurării gazelor de ardere, cu ajutorul electrofiltrelor și descrie caracteristicile constructive ale filtrelor electrice tubulare. După ce descrie agregatele combinate electromecanice pentru captarea cenușii, autorul încheie redând aspecte din bogata experiență sovietică în exploatarea electrofiltrelor.

I. Considerațiuni generale

a) *Necesitatea epurării gazelor de ardere.* Problema epurării optime a gazelor de ardere din centralele termoelectrice care consumă combustibil inferior, constitue în ultimele două decenii în U.R.S.S. o problemă din cele mai importante și a prilejuit numeroase studii și cercetări experimentale. Lucrările Institutului Termotehnic Unional, ale Trustului „Gazoocistca („Epurarea gazelor"), ale laboratorului de cercetări științifice „Niogaz" depe lângă acest trust precum și cercetările Institutului central de cazane și turbine și ale Institutului de Stat pentru metale neferoase, au dus la perfecționarea aparatelor și agregatelor sovietice de epurare a gazelor de ardere și la folosirea acestor aparate pe o scară din ce în ce mai mare.

La perfecționările aduse procesului de epurare, au mai contribuit în afară de instituțiile menționate și marea centrală termoelectrică de Stat „Caganovici" din Caşira, unde s'au făcut numeroase și îndelungate lucrări experimentale de curățire a gazelor de ardere, de cenușa sburătoare și de oxizii de sulf, pe care le conțin.

Deși problema epurării gazelor de ardere încă nu se poate considera rezolvată complect, totuși stadiul actual al ei, principiile științifice și realizările constructive, la care s'a ajuns în Uniunea Sovietică, precum și rezultatele obținute în exploatarea filtrelor în general și a celor electrice în deosebi, prezintă un interes deosebit. Instalațiile moderne din multe centrale termoelectrice sovietice sunt mărturie a perfecționării metodelor de curățire a gazelor de ardere iar dispozitivele realizate de inginerii sovietici și construite în special de trustul „Gazoocistca", au dus la atingerea unui grad de epurare de 90 . . . 95% a gazelor de ardere iar prin agregatele combinate chiar de 98%.

Problema epurării gazelor evacuate capătă o importanță deosebit de mare în condițiile ritmului ascendent de desvoltare a termoenergeticei, prevăzută în directivele celui de al cincilea plan cincinal.

Acțiunea abrazivă a particulelor de cenușă sburătoare provoacă uzura considerabilă a suprafețelor de încălzire ale agregatelor de cazane precum și a rotorilor și carcaselor paletelor exhaustorilor și a ventilatoarelor. De multe ori cenușa sburătoare așezată pe izolatorii de înaltă tensiune provoacă avarii stațiilor exterioare de transformatori. Evacuarea unor gaze încărcate cu particule foarte fine de cenușă și conținând oxizi de sulf, acționează vătămător asupra vegetației și dăunează igienei generale, Cenușa sburătoare suspendată în atmosferă micșorează radiația solară și contribue la formarea ceții; ea dăunează adesea unor procese tehnologice,

înrăutățind calitatea unor anumite produse industriale, cum sunt : hârtia, celuloza, produse alimentare, etc.

Experiența arată că la arderea unui combustibil pulverizat, care conține un procent mic de substanțe volatile, cantitatea de pulberi evacuată împreună cu gazele de ardere este foarte mare din cauză că la cenușa sburătoare se adaugă un procent mare de pulbere combustibilă nearsă. Astfel, la arderea antracitului pulverizat, cantitatea de pulberi transportată de gaze depășește conținutul de cenușă al combustibilului.

Deși păstrarea unei atmosfere lipsite de pulberi și gaze vătămătoare cere o epurare *totală* a gazelor de ardere evacuate în atmosferă și deci nu poate fi vorba, în principiu, de *anumit grad* de epurare, totuși în practică acest lucru este foarte greu de realizat. Deaceea, epurarea *optimă* a gazelor de ardere a făcut și face obiectul unor asidue cercetări și studii în Uniunea Sovietică.

In marile orașe ale Uniunii Sovietice, protecția atmosferei împotriva cenușei sburătoare se realizează — acolo unde sunt îndeplinite condițiile obiective — prin rezolvarea radicală a problemei, adică prin termoficarea din ce în ce mai avansată a localităților care sunt alimentate termic de marile centrale termoelectrice de termoficare situate la distanțe apreciabile de marile centre urbane. Deasemenea, în centralele termoelectrice și în întreprinderile industriale aflate în raza orașelor și care folosesc combustibil solid, se amenajează dispozitive perfecționate de epurare a gazelor de ardere și de captare a substanțelor evacuate cu aceste gaze.

In acest mod, pe lângă că se evită vicierea atmosferei și dăunările enumerate mai sus, dar se și recuperează mari cantități de materiale, care pot fi folosite ca materie primă fie în uzinele chimice (cum este cazul oxizilor de sulf, folosiți de fabricarea acidului sulfuric, a sulfiților și sulfaților), fie în industria materialelor de construcții (cenușa este folosită la fabricarea unor cărămizi, betonuri, lianți, etc.) fie pentru prepararea oxidului de aluminiu, etc.

b) **Mijloacele folosite pentru a micșora impurificarea atmosferii** se aplică în diferitele etape ale procesului de producere a vaporilor. Ne vom limita la o simplă enumerare, pentru întregirea cadrului problemei, fără a ne opri mai mult asupra lor :

— procedeele perfecționate de ardere a combustibilului solid și mai ales a celui inferior (lignit, turbă, șisturi) asigură intensificarea proceselor de ardere în focar și în același timp reducerea maximă a evacuării în atmosferă a marilor cantități de cenușă sburătoare rezultată din arderea cărbunelui pulverizat și mai ales a celui inferior, care conține multă cenușă :

— evacuarea hidraulică a cenușii micșorează foarte mult (până la 15%) cantitatea de cenușă sburătoare, care altfel poate chiar atinge 100% din cantitatea de cenușă a combustibilului;

— viteza mare cerută de intensificarea schimbului de căldură și de reducerea depunerilor pe suprafețele de încălzire, făcând ca separarea particulelor de cenușă sburătoare să fie infimă, trebue adoptată o viteză optimă a gazelor prin canalele cazanului, pentru a se micșora în cazan cantitatea de cenușă antrenată de gazele de ardere.

In articolul de față, nu va fi tratată epurarea de oxizii de sulf a gazelor evacuate ci numai de cenușa antrenată, iar dintre metodele cunoscute și care vor fi enumerate sumar mai jos, se va expune numai epurarea prin metoda per-

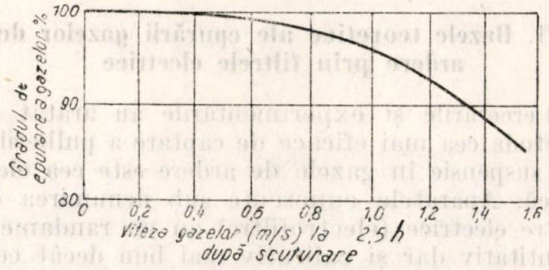


Fig. 1. Gradul de epurare a gazeler în funcție de viteza lor

fecționată a electrofiltrelor a căror folosire (singură sau în agregate, combinate cu epuratori mecanici) se extinde azi din ce în ce mai mult în U.R.S.S.

c) **Metodele de capturare a cenușii sburătoare.** Trebue să reamintim că pentru captarea cenușii volante, sunt utilizate în centralele termoelectrice din Uniunea Sovietică, două categorii de metode :

1. Metode mecanice, bazate pe acțiunea forțelor de inerție. Aparatele folosite sunt de două feluri :

— aparate de captare uscată a cenușii ; cicloane, multicicloane, baterii de cicloane, dispozitivele în șicană — jaluzele (cum este cel al inginerului *N. I. Zverev*) pentru abaterea particulelor și scoaterea lor din circuitul gazelor de ardere ;

— aparate de capatare umedă a cenușii (scruberul centrifugal al inginerului *Dergacev*, aparatul cu peliculă lichidă, etc.).

2. Metode electrice, care folosesc filtre electrice (tuburi, plăci) bazate pe acțiunea câmpului electrostatic de înaltă tensiune. Aceste filtre electrice (electrofiltre) pot fi utilizate fie singure, fie în combinație cu un epurator mecanic, așa cum se va arăta mai departe, pentru obținerea unui grad mai avansat de epurare.

d) **Gradul de epurare** η urmărit prin utilizarea diferitelor sisteme de eliminare a particulelor suspendate în gazele de ardere, se consideră raportul :

$$\eta = \frac{G_{capt}}{G_{intr}}$$

unde

G_{capt} este greutatea particulelor captate de aparat (în kg/h)

iar G_{intr} este greutatea particulelor antrenate, conținute în gazul de ardere înainte de intrarea acestuia în aparatul de epurare (în kg/h).

Gradul de epurare este funcție de o serie de factori : el depinde de proprietățile cenușei și ale gazului de ardere ; de viteza curentului de gaz, care ține cenușa în suspensie (fig. 1) ; de caractsristicile constructive ale aparatului de epurare ; de compoziția granulometrică a pulberii antrenate și de greutatea ei specifică ; de concentrația particulelor în gazele de ardere ; de temperatura, umiditatea și viscozitatea acestor gaze etc.

II. Bazele teoretice ale epurării gazelor de ardere prin filtrele electrice

Cercetările și experimentările au arătat că metoda cea mai eficace de captare a pulberilor în suspensie în gazele de ardere este cea electrică. Aparatele cunoscute sub denumirea de filtre electrice (electrofiltre) au un randament cantitativ dar și calitativ mai bun decât cele mecanice. Intr'adevăr, aparatele electrice de epurat gazele, pe lângă faptul că ajung să curețe de pulberi gazele de ardere, în proporție de 90 . . . 95%, dar dintre pulberile captate, aproape 80% sunt particule foarte fine, mai mici de 20 microni, în timp ce, prin aparatele mecanice, care folosesc forțele de inerție (cicloanele), sunt mai ușor eliminate particulele mai mari, din cele antrenate de gazele de ardere.

Primele instalații electrice de reținere a cenușii volante au fost construite în 1908. Rezultatele metodei electrice de captare fiind mai bune decât cele obținute până atunci prin metodele mecanice de epurare a gazelor de ardere, electrofiltrele au început să fie introduse în diferitele ramuri industriale (de exemplu, prelucrarea metatelelor neferoase) și în deosebi în exploatarea centralelor termoelectrice, care consumau combustibil cu un conținut mare de cenușă.

In U.R.S.S. funcționau în anul 1946 peste 25 centrale termoelectrice mari, ale căror cazane aveau instalate dispozitive pentru epurarea electrică a gazelor ; în prezent numărul lor este în necontenită creștere.

a) **Principiul epurării electrice** a gazelor de ardere poate fi schematizat astfel :

Gazele care conțin în suspensie cenușă fină ieșind din grupul de cazane, trec prin niște tuburi metalice, ai căror pereți constitue *electrozii de depunere* (de sedimentare) ai aparatului de epurare ; acești electrozi sunt legați la pământ. In axa fiecăruia din aceste tuburi se află câte un conductor subțire, conectat la polul negativ al unei surse de curent continuu, pulsator, de înaltă tensiune (50 . . . 100 kV) obținut prin transformare și redresare. Acești conductori constitue *electrozii activi* sau radianți.

Sub influența câmpului electric de înaltă tensiune, creat de electrodul activ și exteriorizat prin fenomenul *corona* ce se produce în jurul lui, gazele se ionizează iar ionii și electronii apăruți, transmit particulelor de cenușă suspendate în gaz, sarcini electrice. Particulele încărcate negativ sunt respinse de electrodul activ spre electrodul legat la pământ ; ajunse aci, ele se depun pe peretele metalic al tubului restituind sarcina electrică primită. Gazele epurate astfel ies din filtrul electric iar cenușa depusă pe peretele metalic curge într'un siloz de cenușă (buncăr) aflat dedesubt, de unde este evacuată pe cale hidraulică.

Electrozii sunt scuturați periodic, cu ajutorul unor dispozitive pneumatice, pentru ca să se desprindă cenușa care s'a lipit la început de tubul metalic prin adeziunea dintre aceste particule și perete, apoi prin coeziunea dintre particulele nou sosite și cele vechi aflate pe pereții metalici ai electrodului de depunere.

b) **Fenomenele fizice** care determină funcționarea filtrelor electrice hotărăsc și randamentul aparatului așa că aplicarea optimă a acestor fenomene constitue obiectul cercetărilor și preocupărilor tehnice în acest domeniu.

In filtrele electrice, ionizarea gazului se face sub acțiunea unui câmp electric de înaltă tensiune. Dacă electrodul activ a atins o tensiune care depășește rigiditatea dielectrică a gazului, atunci se produce o străpungere electrică, adică scindarea moleculelor de gaz, cu formarea de ioni pozitivi și negativi.

Această acțiune se stabilizează la o fază de străpungere incompletă a gazului din tub, adică se formează o regiune de ionizare de formă cilindrică, care învelește conductorul activ pe o anumită rază ; învelișul corona este luminiscent și culoarea lui albastră-deschisă se poate vedea bine în întunerec. Străpungerea nu se propagă mai departe, spre pereții tubului, dacă distanța dintre electrozi este destul de mare.

Stabilitatea fazei de străpungere incompletă, adică a efectului corona, depinde de forma geometrică a electrozilor care crează câmpul electric de înaltă tensiune. Acest câmp cu tensiune neuniformă poate fi creat numai de electrozi de formă diferită : un vârf și o placă, un fir și o placă, o rețea de fire așezate între două plăci etc.

Dacă diferența de potențial depășește tensiunea critică, apar scântei între electrozi iar etapa finală a descărcării este un arc electric. Pentru a evita această scurtcircuitare a electrozilor filtrului electric, străpungerea stratului de gaz trebue să se producă numai pe o anumită parte din distanța totală dintre electrozi, deobicei pe o rază de 2 . . . 3 mm în jurul electrodului activ,restul spațiului până la electrodul de depunere rămâne nestrăpuns și servește ca izolator ; acest spațiu nestrăpuns reprezintă zona de trecere a ionilor negativi prin gaz.

c) **Intensitatea câmpului** care se obține în acest proces depinde de diferiți factori : temperatura, umiditatea și viteza gazului, diferența de potențial, dimensiunile electrozilor. La diferența de potențial egală, ionizarea gazului începe mai curând la acel electrod activ care

are curbura mai mare, câmpul fiind mai intens la suprafața acestuia.

Din cele ce preced, reiese că, pentru ionizarea gazelor, în vederea epurării lor de particulele solide, se pot utiliza numai electrozii care dau naștere unui câmp electric neomogen, la care gradientul tensiunii scade pe măsură depărtării de electrodul activ (cum este cazul la un vârf și o placă, un tub cilindric și un fir axial, sau conductori întinși între plăci paralele).

d) **Tensiunea câmpului** la distanța d de electrodul activ, este

$$E_d = \frac{V}{d \ln \frac{R}{r}}$$

unde

V este diferența de potențial

R — raze tubului care are rolul de electrod de depunere

r — raza electrodului activ.

Teoretic, valoarea tensiunii câmpului variază deci după o hiperbolă ; în realitate însă, câmpul se deformează din cauza prezenței de sarcini locale, etc.

Gradientul maxim al tensiunii câmpului E_{max} se obține atunci când $d = r$

$$E_{max} = \frac{V}{r \ln \frac{R}{r}}$$

Intr'un filtru tubular, gazele se vor ioniza atunci când diferența de potențial va atinge valoarea

$$V_0 = E_0 \, r \, ln \, \frac{R}{r}$$

unde

E_0 este tensiunea de străpungere a câmpului și

V_0 este diferența de potențial la electrozi, corespunzătoare tensiunii de străpungere.

După ce gazul din imediata apropiere a conductorului activ este străpuns și electrodul este înconjurat de un strat conductor, gradientul potențialului începe să se micșoreze și străpungerea nu se propagă mai departe (fig. 2).

Teoretic, ionizarea gazului și deci funcționarea filtrului electric este posibilă atunci când valoarea lui r variază între zero și $r = \frac{R}{2718}$

e) **Sarcina particulelor și mișcarea lor în gaze.** „Electrizarea" particulelor de cenușă din gaze constă în faptul că sub acțiunea forțelor câmpului electric și a mișcării termice a ionilor, se aduce treptat, pe particulele de cenușă, o cantitate de sarcini electrice elementare. Lucrările cercetătorilor sovietici au arătat că pentru particule cu raze de 10^{-3} . . . 10^{-4} cm, valoarea sarcinii se determină suficient de precis prin influența câmpului electric, rămânând proporțională cu pătratul razei particulei :

$$n\,e = \varepsilon \rho^2$$

unde

ρ este raza particulei

e — sarcina elementară

n — numărul sarcinilor și

ε — un coeficient de proporționalitate

Pentru condițiile în care funcționează filtrele electrice cele mai utilizate, sarcina obținută

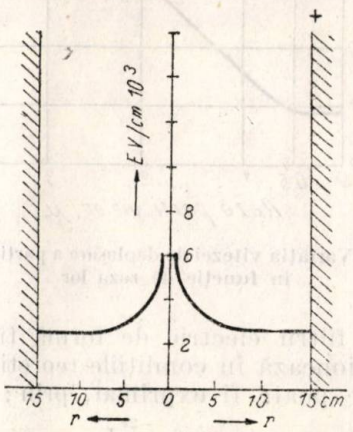


Fig. 2. Gradientul potențialului într'un filtru cilindric cu electrod activ axial

de o particulă cu raza mai mică de 0,1μ poate fi calculată destul de precis din expresia

$$n \approx 20 \, \rho \cdot 10^{-5}$$

Timpul necesar pentru ca particulele să capete sarcina de valoare maximă în câmpul electric este de circa 1 secundă. Mișcarea spre electrodul de depunere a particulei de cenușă, care se află în afara învelișului corona, este condiționată în primul rând de acțiunea forțelor electrostatice create de câmpul electric extern și de sarcina limită a particulei, conform legii lui Coulomb.

f) **Viteza particulelor** de cenușă depinzând de mărimea și de frecarea lor, la trecerea prin gaz, se poate calcula — pentru particulele dela 2 la 60 microni — după legea lui Stokes,

$$v = \frac{E\,q}{6\,\pi\,\eta\,\rho}$$

unde

η este coeficientul de frecare internă a gazului

$q = n.e$ este valoarea sarcinii unei particule

ρ este raza particulei.

In figura 3 este redată variația vitezei de deplasare a particulelor în funcție de mărimea lor.

g) **Gradul de epurare.** Procesul de depunere depinde de anumiți factori care acționează simultan : proprietățile fizice, forma și dimensiunile particulelor, viteza, temperatura și umiditatea gazului, regimul de scuturare, etc.

Rezultatul acțiunii acestor factori, numeroși și diferiți, se apreciază prin gradul de epurare

a gazelor de ardere ce se obțin cu ajutorul filtrului electric.

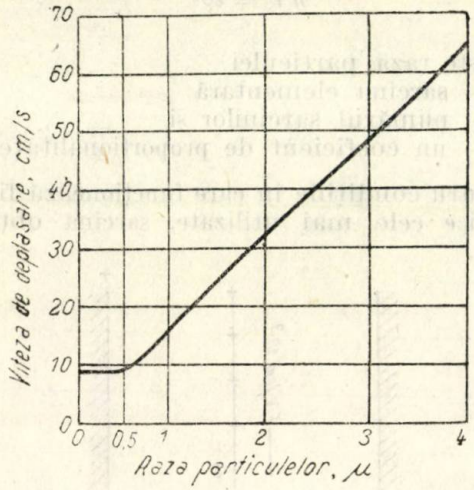


Fig. 3. Variația vitezei de deplasare a particulelor în funcție de raza lor

Intr'un filtru electric de formă tubulară și care funcționează în condițiile teoretice, gradul de epurare poate fi exprimat, prin :

$$\eta = 1 - e^{\frac{-2v}{Rw}L}$$

unde

v este viteza particulelor de cenușă ce se deplasează sub influența câmpului electrostatic spre electrodul de depunere;

R este raza tubului (electrodul de depunere)

w — viteza gazului care trece prin tub;

L — reprezintă lungimea tubului.

Această expresie este valabilă numai în ipoteza că electrodul de depunere este perfect curat, că particulele de cenușă au forma sferică și sunt egale ca mărime, că forțele de adeziune sunt nule și captarea se face în aer, în condiții normale.

Din această expresie reiese că : cantitatea de cenușă captată va fi cu atât mai mare cu cât electrodul activ (radiant) va fi mai lung, cu cât tensiunea aplicată electrodului activ va fi mai mare și cu cât viteza gazului și raza tubului de depunere sunt mai mici.

După cum reiese din experiență, gradul de epurare a gazului cu ajutorul unui electrofiltru nu depinde de concentrația cenușii în gaz; totuși în realitate, odată cu creșterea conținutului de cenușă al gazelor de ardere se constată o funcționare mai puțin bună a filtrelor electrice.

III. Caracteristici constructive ale filtrelor electrice tubulare

Cele mai răspândite filtre electrice sunt în prezent în Uniunea Sovietică diferitele filtre electrice „fagure" (fig. 4), care se deosebesc între ele numai prin unele piese, dispozitive sau detalii de construcție. Ele sunt construite de trustul „Gazoocistca".

Electrozii de depunere sunt tuburi verticale de oțel în formă de prizme exagonale, așezate astfel că grupul seamănă cu un fagure. Această formă de fagure dă un gabarit redus filtrului și

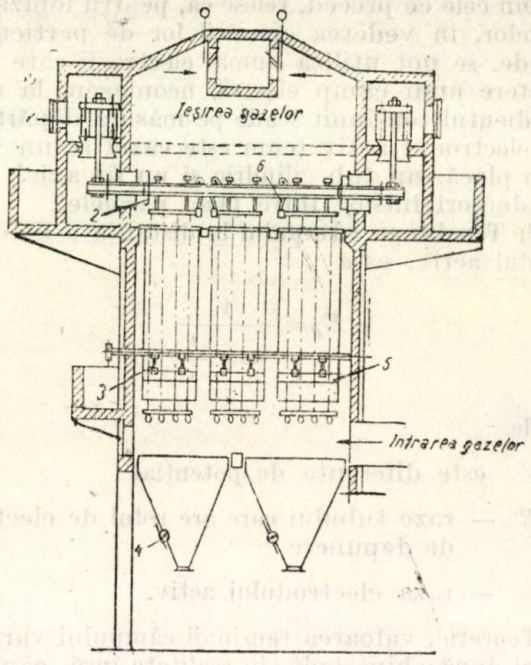


Fig. 4. Filtru electric „fagure"

permite folosirea de tuburi mai numeroase într'un spațiu redus (fig. 5).

Filtrele electrice de tipul DV se compun din 8 secțiuni așezate câte două, în patru camere de beton armat, cu un buncăr de cenușă pentru fiecare pereche de secțiuni; fiecare pereche de secțiuni are un canal comun prin care intră gazele, după preîncălzitorul de aer; la ieșire, fiecare secțiune are supapa sa proprie de laminare, cu ajutorul căreia ea se poate decupla în timpul scuturării.

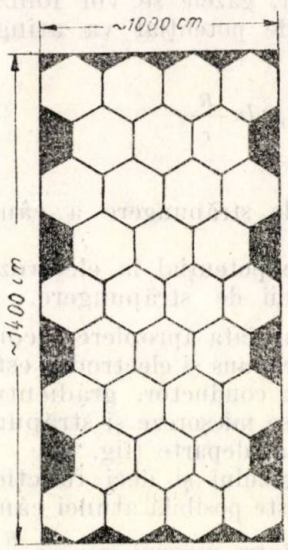


Fig. 5. Secțiune în grupul de electrozi „fagure"

In partea superioară, camera de beton se continuă cu un difuzor de oțel pe care sunt montați izolatorii de porțelan pentru electrozii radianți, dispozitivele pentru suspendarea tuburilor de depunere, etc.

Electrozii activi sunt confecționați din sârmă de crom-nichel sau de fier - crom - aluminiu, de 2 mm grosime; ei se suspendă cu ajutorul unor cârlige de un cadru superior și au la partea de jos greutăți de întindere, prinse de un cadru inferior.

Astfel se evită oscilațiile electrozilor activi și deci scurtcircuitarea prin apropierea lor de pereții tuburilor exagonale (electrozii puși la pământ).

In filtrul electric fagure, drumul gazelor este ascendent.

O bună parte din cenușa scoasă din circuitul gazelor de ardere cade depe electrozii de depunere în silozul de cenușă ; dar restul formează un strat compact pe suprafața electrozilor de depunere și de radiație, ceeace micșorează acțiunea și poate chiar opri funcționarea filtrului electric. Aceste depuneri se îndepărtează prin scuturarea periodică și automată a pachetului de filtre în formă de fagure. Ca mijloc de scuturare se întrebuințează vibratori sau ciocane pneumatice, acționate cu aer la presiunea de 4 . . . 6 atmosfere.

Operația scuturării este de o însemnătate foarte mare așa că a făcut obiectul a numeroase cercetări și rezolvarea optimă este încă în curs. La scuturarea electrozilor unei secțiuni, aceasta este decuplată din agregat ; vibrațiile produse de scuturarea se transmit însă și secției vecine care funcționează, ceeace face ca acolo captarea să nu se facă în condiții bune și gazele să fie evacuate cu un conținut mai mare de cenușă volantă. Pe de altă parte, cenușa căzând în buncărul comun, ajunge parțial în distribuitorul de gaze mărind astfel concentrația în pulberi a gazului care intră spre epurare în secția ce funcționează.

In lucrarea „Exploatarea instalațiilor de cazane din centralele electrice, publicată în 1950 (Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad) V. A. Golubțev și P. P. Elizarov arată că este mai just să se facă deodată scuturarea a două secțiuni, adică a unei pătrimi din filtrul electric, deși astfel se supraîncarcă celelalte secțiuni în funcțiune.

Electrofiltrele verticale de tip DV au fost perfecționate realizându-se tipul DVM de filtre verticale moderne pentru gazele de ardere. Ameliorările aduse pot fi schematizate astfel :

— pentru micșorarea vibrațiilor filtrului electric la scuturare, suspendarea electrozilor de depunere se face direct pe piesele de beton armat ale camerelor, fără grinzi intermediare, de sprijin ;

— gazele se repartizează uniform pe secțiunea aparatului.

După datele furnizate de trustul „Gazoocistca", gradul de depunere atins cu ajutorul filtrelor electrice fagure este 90 $\pm$3%, viteza fiind în secția utilă, de 1,6 . . . 1,7 m/s.

Deși generalizarea datelor și perfecționările sunt încă în curs, totuși se poate aprecia funcționarea filtrelor electrice după rezultatele obținute până acum.

N. G. Zaloghin (care a publicat în 1944 lucrarea „Epurarea de cenușă și de oxizii de sulf a gazelor de ardere, prin tratarea cu var") și *S. M. Șuher* (care a publicat în 1941 lucrarea „Epurarea de cenușă și oxizii de sulf a gazelor de ardere, utilizarea și evacuarea cenușii") au publicat în colaborare, în 1948 — la Gosenergoizdat — lucrarea „Epurarea gazelor arse", în care sistematizează și interpretează un vast material experimental și teoretic privitor la curățirea de cenușa sburătoare și de oxizii de sulf a gazelor de ardere din centralele termoelectrice, folosind rezultatele cercetărilor și studiilor ce s'au făcut în U.R.S.S. până la acea dată.

Din datele publicate, reies următoarele :

In gazele provenite din arderea huilei antracitoase, pulverizată în condițiile de exploatare, viteza gazului de ardere fiind 1,3 . . . 1,4 m/sec și particulele nearse însumând 32 . . . 36% din masa particulelor antrenate de gazele de ardere înainte de intrarea acestora în electrofiltre, gradul de epurare a depășit 94%, scuturarea fiind făcută automat la interval de 8 minute.

Arzându-se cărbunele sovietic AS pulverizat, în condițiile de exploatare, viteza gazului de ardere fiind 2,1 . . . 2,3 m/sec, cenușa antrenată de gaze având un conținut de 30 . . . 38%, substanța combustibilă nearsă înaintede intrarea în filtrele electrice și scuturarea făcându-se la un interval de 75 minute, gradul de epurare a oscilat între 80 și 97%.

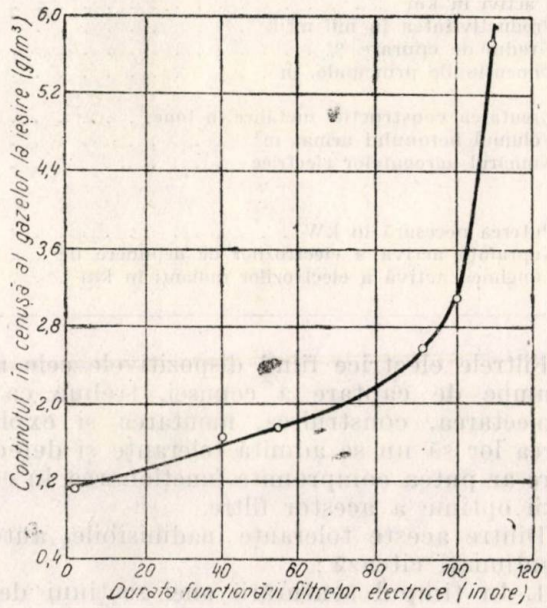


Fig. 6. Conținutul în cenușă al gazelor epurate în funcție de durata funcționării filtrelor electrice

Dacă se utilizează un cărbune cu flacără deci dacă arderea se face mai complet decât în cazurile citate mai sus și dacă scuturarea se face în condiții satisfăcătoare, se realizează un grad de epurare mai mare.

Din numeroasele lucrări făcute în acest domeniu și în deosebi din cercetările laboratorului „Niogaz" reiese — după cum s'a văzut și din expunerea schematică de mai sus — că una din condițiile cele mai importante pentru funcționarea normală a filtrelor electrice este ca electrozii să nu fie acoperiți de cenușă.

In diagrama din figura 6, se poat urmări influența stării de curățenie a electroziler asupra gradului de epurare adică asupra capacității de captare a cenușei în filtrele electrice tubulare de tip DV (fagure).

In tabela 1 sunt date caracteristicile câtorva din filtrele de tip DV.

Pentru a asigura cu aparatele descrise un grad constant de epurare, adică o capacitate de captare constantă în timp a aparatului, trebue ca debitul de aer necesar pentru funcționarea dispozitivului pneumatic de scuturare precum și presiunea și puritatea lui să fie menținute constante; deasemenea trebue să se mențină cu stricteță densitatea curentului între 0,10 și 0,14 m pentru 1 m liniar de electrod activ.

Caracteristicile câtorva filtre electrice de tip DV (după Zaloghin-Șuher

Tabela 1

DENUMIREA INDICILOR	DV—2	DV—1	DV—27	DV—25
Numărul camerelor	2	4	—	—
Numărul secțiilor	4	8	4	4
Numărul pachetelor de electrozi dintr'un filtru	8	16	8	8
Numărul ciocanelor pentru scuturarea electrozilor de depunere	32	64	16	16
Numărul dispozitivelor pentru scuturarea electrozilor activi la un aparat	8	16	8	8
Lungimea totală a conductorului pentru electrozii activi în km	2,36	6,8	2,36	3,36
Productivitatea în mii m^3/h	115...130	400...550	131...171	370...480
Gradul de epurare %	85	85	90 ± 3	80
Dimensiunile principale, m	7,64 × 16,7 × 5,1	17,04 × 19 × 6	10,16 × 14,2 × 4	1701 × 17,51 × 3,46
Greutatea construcției metalice în tone	70	190	50	66
Volumul betonului armat m^3	90	130	90	90
Numărul agregatelor electrice	2	4	2 + 1 pentru 2 cazane	2
Puterea necesară în kW	35,6	71,2	35,6	35,6
Suprafața activă a electrozilor de depunere m^2	22,6	22,6	65,1	35,2
Lungimea activă a electrozilor radianți în km	1,96	1,96	5,65	2,81

Filtrele electrice fiind dispozitivele cele mai scumpe de captare a cenușei, trebue ca la proiectarea, construirea, montarea și exploatarea lor să nu se admită toleranțe și defecte, care ar putea compromite funcționarea în condiții optime a acestor filtre.

Dintre aceste toleranțe inadmisibile, autorii menționați citează:

1. In timpul scuturării unei secțiuni decuplate să nu se creeze posibilitatea de antrenare de către gaze a cenușii captate, ceeace se produce deobicei din cauza transmiterii vibrațiilor scuturării către secțiunea în funcțiune;

2. Aparatul să nu aibă rezistență aerodinamică mare (la unele instalații atinge chiar 50 . . . 75 mm col. apă, ceeace nu este în favoarea unei bune funcționări);

3. Construcția sistemului, a supapelor de laminare, a distribuitoarelor de aer precum și a ciocanelor pneumatice să fie astfel făcută încât aceste dispozitive să nu se uzeze prea repede.

4. Electrozii activi să fie așezați perfect în axa tuburilor exagonale, căci astfel se face posibilă scurtcircuitarea și întreruperea funcționării electrofiltrelor.

Perfecționările constructive aduse electrofiltrelor asigură un grad de epurare a gazelor de 90 . . . 95%. Deci dacă necesitățile igienico-sanitare sau cele tehnologice cer asigurarea unui grad înalt de epurare a gazelor de ardere de cenușe sburătoare, cele mai potrivite filtre pentru centralele termoelectrice ce consumă combustibil pulverizat, cu multă cenușă, sunt filtrele electrice. Dacă se cere însă un grad de epurare de peste 98%, trebue să se recurgă la mijloace și mai eficiente (așa cum vom arăta mai departe).

Acesta este cazul unei centrale termoelectrice funcționând cu un cărbune din regiunea Moscovei; centrala are 3 cazane cu productivitate de 160 . . . 200 t/h; deși gazele de ardere sunt intens purificate cu ajutorul filtrelor electrice, totuși iese în atmosferă împreună cu gazele de ardere o cantitate de cenușă sburătoare care în cifre absolute este considerabilă: circa 3 tone cenușă pe oră adică circa 70 tone cenușă sburătoare răspândită în aer în 24 ore. Este evident că o astfel de impurificare a atmosferei de către o centrală termoelectrică din perimetrul unui oraș mare este inadmisibilă.

Trebue să menționăm tot aci că pentru o eficace epurare a gazelor de ardere, de oxizii de sulf pe care-i cuprind, este deasemenea necesar să se facă în prealabil epurarea de cenușe sburătoare și numai după aceasta să se capteze sulful.

Toate acestea au determinat realizarea unei metode complexe pentru epurarea gazelor arse și anume epurarea combinată mecanică și electrică, prin care se poate obține un grad de epurare de 98% în ceeace privește cenușa volantă. Vom descrie succint această metodă la finele expunerii de față.

IV. Alimentarea electrică a electrofiltrelor

Filtrele electrice se alimentează în curent redresat pulsator de înaltă tensiune. Agregatul

electric care servește pentru alimentarea unor astfel de instalații constă dintr'un transformator de înaltă tensiune, un redresor mecanic montat pe capacul transformatorului și un tablou de distribuție cu instalațiile necesare reglajului în înaltă tensiune. (Fig. 7).

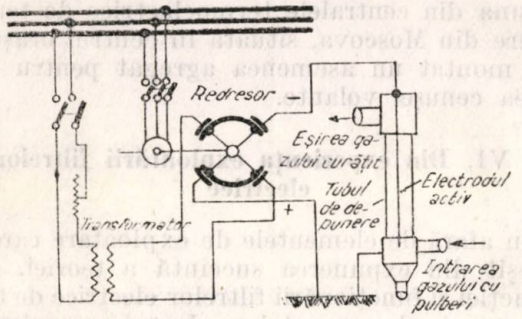


Fig. 7. Agregat electric pentru alimentarea electro filtrelor

Transformatorul monofazat T are următoarele caracteristici : tensiunea 380 V/90 kV, curentul maxim 47,5 A/0,2 A, puterea 18 kVA.

Alimentarea filtrului electric se face cu ajutorul unui cablu de înaltă tensiune, care nu este influențat de umezeală, de depuneri de praf, etc. și prezintă condițiile de securitate cerute. Tensiunea înaltă este transportată dela secundarul transformatorului la 2 din cei 4 poli ai unui redresor mecanic, care este montat pe arborele unui motor sincron și care transformă curentul sinusoidal în curent pulsator continuu.

Dela unul din ceilalți doi poli ai redresorului (polul negativ) curentul redresat pulsator se aplică electrodului activ al electrofiltrului ; celălalt pol(+) se pune la pământ. Periile redresorului au bobine de reacție pentru a se evita formarea de paraziți radiofonici. Schema părții de înaltă tensiune a filtrului electric cuprinzând și un circuit oscilant cu scânteetor, care produce curenți de înaltă frecvență, influențează calitatea recepțiilor radiofonice. Sala mașinilor electrice se ecranează în întregime cu ajutorul unei rețele metalice puse la pământ ca protecție contra undelor de înaltă frecvență.

In ultimii ani s'a construit o instalație de alimentare a două grupe de filtre electrice dela același transformator. In loc de a redresa curentul alternativ sinusoidal, transformându-l în curent continuu pulsator, sinusoida curentului alternativ de înaltă tensiune este împărțită în două semiperioade, fiecare din acestea fiind folosită la alimentarea a câte un grup de filtre. Dispare astfel redresorul, cu multele sale inconveniente.

Deasemenea se utilizează în ultima vreme, pe o scară mai largă, agregatele electrice cu transformatori trifazați. Se folosesc astfel agregate cu o putere de 60 kVA în locul celor de 20 kVA, ceeace permite economie de spațiu și de investiții.

V. Agregatele electro-mecanice pentru captarea cenușii

Metoda complexă de epurare a gazelor de ardere folosește un dispozitiv format din două aparate care funcționează pe principii diferite. In majoritatea cazurilor, aparatele folosite reprezintă o combinație a unui filtru mecanic cu cu unul electric, grupate constructiv într'un

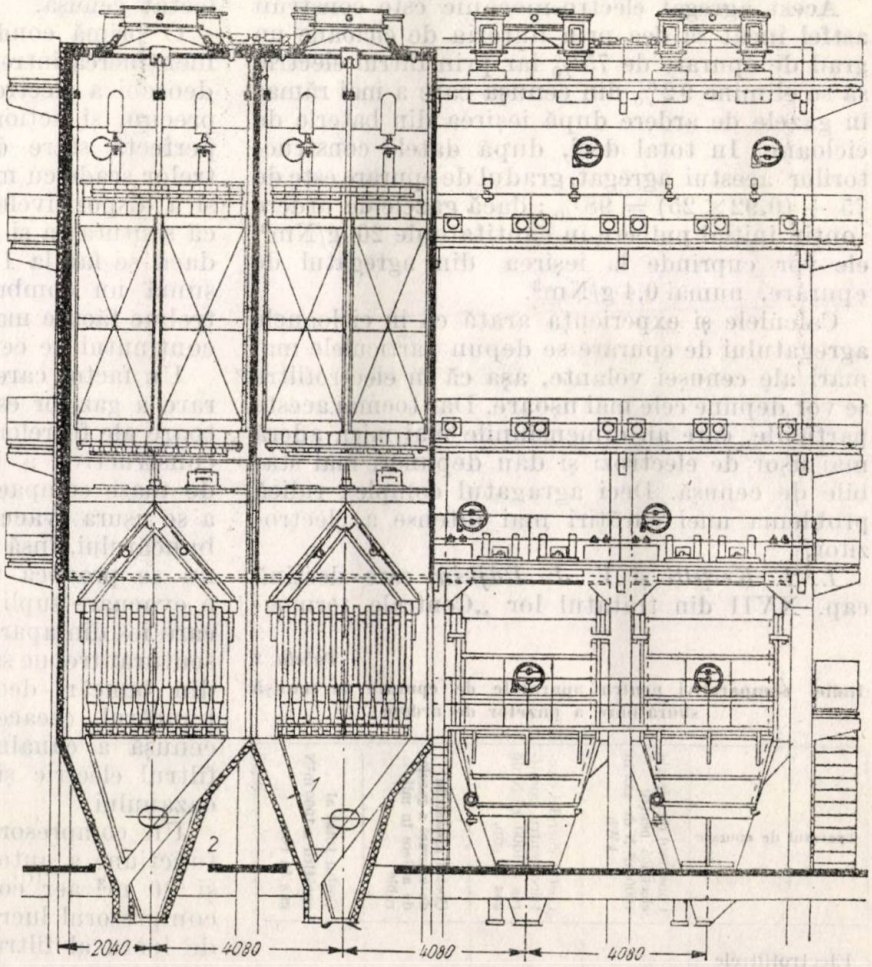


Fig. 8. Agregatul electromecanic pentru captarea mixtă a cenușii

singur agregat electro-mecanic pentru epurarea de cenușă sburătoare a gazelor de ardere.

In scopul unei epurări optime a gazelor de

ardere, trustul „Gazoocistca" a construit dispozitivul combinat pentru captarea cenușei; acest agregat este alcătuit dintr'o baterie de cicloane și un electrofiltru, fiind calculat pentru epurare în două trepte a gazului de ardere.

Prima treaptă este alcătuită dintr'o baterie de cicloane cu elemente având un diametru de 250 mm iar treapta a doua dintr'un electrofiltru-fagure de tipul DVM, ambele montate într'un singur agregat. Prin dimensiuni, aparatul nu se deosebește în plan de un filtru electric DVM (13,32 × 6 m); este însă cu 3 m mai înalt (are înălțimea 20 m) deoarece filtrul electric are în partea inferioară în locul silozului o baterie de cicloane alcătuită din patru secții (Fig. 8).

Agregatul BȚE — 1 a fost proiectat pentru epurarea gazelor de ardere ale unui cazan cu o productivitate de abur de 160 . . . 200 t/h; el este astfel construit încât în timp ce este scuturată o secție a filtrului electric, toate secțiile bateriei de cicloane continuă a funcționa normal. Funcționarea sistemului de scuturare decuplarea secțiilor, decuplarea și cuplarea tensiunii la electrozii activi, etc. sunt automatizate.

Acest agregat electro-mecanic este construit astfel încât să dea prin bateria de cicloane un grad de epurare de 75% iar prin filtrul electric să se elimine 92% din cenușa care a mai rămas în gazele de ardere după ieșirea din baterie de cicloane. In total deci, după datele constructorilor acestui agregat, gradul de epurare este de 75 + (0,92 × 25) = 98%; dacă gazele de ardere conțin inițial pulbere în cantitate de 20 g/Nm³, ele vor cuprinde la ieșirea din agregatul de epurare, numai 0,4 g/Nm³.

Calculele și experiența arată că în cicloanele agregatului de epurare se depun particulele mai mari ale cenușei volante, așa că în electrofiltre se vor depune cele mai ușoare. Dar tocmai aceste particule, care au dimensiunile mai mici, aderă mai ușor de electrozi și dau depuneri mai stabile de cenușă. Deci agragatul complex ridică problema unei curățiri mai intense a electrozilor.

L. I. Kerțelli și *V. J. Râjkin*, care destină cap. XVII din tratatul lor „Centrale termoelectrice", curățirii gazelor de ardere, dau indici comparativi pentru trei tipuri de aparate de captare a cenușei, după datele inginerului *P. S. Homutinicov* (tabela 2).

Tabela 2

Indici comparativi pentru aparatele de epurare de cenușă sburătoare a gazelor de ardere

Aparatul de epurare	Consumul de energie electrică pentru 1000 m³ N de gaz în kWh	Costul energiei electrice pentru curățirea a 1000 m³ N de gaz în cop.	Costul aparatului de epurare a gazelor de ardere în mii ruble	Costul total al curățirii a 1000 m³N gaz în cop.
Electrofiltrele tip DVM-1	0,366	3,66	500	9,79
Bateria de cicloane	0,317	3,17	200	5,30
Agregatul mecano-electric BȚE—1	0,612	6,12	650	14,07

Din aceste date reiese evident că aparatul BȚE—1 trebue să se instaleze numai în cazul când se cere o epurare foarte avansată. Astfel, la una din centralele termoelectrice de termoficare din Moscova, situată în centrul orașului, s'a montat un asemenea agregat pentru captarea cenușei volante.

VI. Din experiența exploatării filtrelor electrice

In afară de elementele de exploatare care au reieșit din expunerea succintă a teoriei, construcției și funcționării filtrelor electrice de tipul fagure și al agregatelor electro-mecanice de epurare care cuprind filtre electrice, redăm în cele ce urmează câteva date din bogata experiență sovietică în exploatarea filtrelor electrice, folosind lucrarea menționată a lui *Golubțov și Elizarov*, care sintetizează într'un capitol special condițiile de exploatare a dispozitivelor de colectat cenușa.

O primă condiție de bună funcționare este menținerea întregului echipament electric (și în deosebi a electrozilor radianți și de depunere) precum și acționările pneumatice, în cea mai perfectă stare de curățenie. Eficacitatea filtrelor scade cu micșorarea numărului cicloanelor și a dispozitivelor de scuturarea. S'a constatat că scuturarea și suflarea electrică sunt eficiente dacă se fac la 1 . . . 2 ore atunci când se consumă un combustibil cu cenușă puțină; ele trebue făcute mai frecvent pe măsură ce crește conținutul de cenușă al combustibilului.

Un factor care poate micșora gradul de epurare a gazelor este înfundarea buncărelor colectoare ale filtrelor electrice, fie din cauza formei constructive a buncărelor, fie prin formarea de mase compacte de cenușă umezită. Pentru a se ușura evacuarea cenușii, se scutură pereții buncărului, însă cu băgare de seamă, pentru a nu se provoca trepidațiile aparatului și deci o evacuare suplimentară de cenușă prin gazele care ies din aparat. Funcționarea aparatelor de scuturat trebue să concorde cu evacuarea cenușii din buncăr, deoarece altfel se poate astupa buncărul, ceeace poate provoca umplerea cu cenușă a canalnlui de gaze dela intrarea în filtrul electric și poate duce chiar la oprirea cazanului.

Un compresor consumă pentru punerea în funcțiune a automatului de scuturare între 10 și 20 m³ aer comprimat pe minut; deoarece compresorul lucrează cel mult 15% din timpul de lucru al filtrului, el poate deservi succesiv 5 . . . 6 aparate, Cenușa aderentă, care nu cade nici în timpul scuturării, se suflă cu aer comprimat, de 3 . . . 4 atmosfere. Se mai pot spăla filtrele cu un jet puternic de apă (3 . . . 4 atmosfere), după ce buncărul a fost golit de cenușă și după ce pereții camerei de beton armat și ai

buncărului s'au răcit destul de mult pentru ca să nu se producă diformări termice, crăpături, etc.

In general, cuplarea înaltei tensiuni se face după ce s'a stabilit regimul normal de funcționare a agregatului de cazan. La oprirea filtrului electric, după întreruperea curentului se deschid disjunctorii instalați în camera transformatorului iar grupul electrogen și barele de înaltă tensiune din camera filtrelor se pun la pământ prin comutarea acelorași disjunctori.

Dacă se fac reparații în camera fiitrelor electrice, trebue să se deschidă și să se pună la pământ și disjunctorii de înaltă tensiune, instalați în camera filtrului electric. Consumul de energie electrică pentru alimentarea dispozitivului de curățire a gazelor, de cenușe sburătoare, cu ajutorul filtrelor electrice, reprezintă 0,10 . . . 0,11 kWh pentru 1000 m³ gaz prelucrat în aceste cifre necuprinzându-se consumul de energie electrică pentru alimentarea cu aer comprimat a dispozitivelor de scuturare.

In timpul funcționării filtrului electric, apariția de străpungeri dese se datorește deobicei scuturării imperfecte de pulberi; pentru a limita străpungerile, se micșorează pentru moment tensiunea și se procedează la scuturarea și suflarea electrozilor. La producerea de străpungeri în camera filtrelor electrice, se controlează funcționarea scuturătoarelor, deoarece o rea funcționare a acestora poate cauza străpungeri și chiar scurtcircuitarea. Dacă se produce un scurtcircuit în camera filtrului electric, acesta se deconectează, întrerupându-se curentul până la înlăturarea cauzei deranjamentului (înfundarea electrozilor de depunere, ruperea electrózilor radianți sau a conductorilor, străpungerea izolatorilor, etc.). Pentru a se evita însă reîntoarcerea gazelor în timpul funcționării agregatului de cazan, gazele sunt lăsate să treacă mai departe prin filtrul deconectat.

In ultimii ani, s'a făcut în Uniunea Sovietică un progres considerabil în domeniul epurării gazelor de ardere, prin captarea cenușei sburătoare în deosebi cu ajutorul electrofiltrelor. Aparatele sovietice au căpătat eficacitate mai mare și gabarit mai mic. Intr'o serie de centrale termoelectrice din U.R.S.S. se află în exploatare diferite sisteme de captare a cenușei, de construcție sovietică. In toate centralele termoelectrice proiectate, se prevede epurarea gazelor de cenușe sburătoare, așa că această epurare nu mai este considerată ca facultativă.

In aceste condiții, pe măsură ce se perfecționează dispozitivele pentru epurarea gazelor evacuate și se extinde folosirea acestor dispozitive, se ameliorează protecția contra daunelor produse de cenușa sburătoare.

★

ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАМИ

Резюме

Автор после того как указывает на необходимость очистки дымовых газов теплоэлектростанций, работающих на низкосортном топливе, кратко описывает применяемые средства в С.С.С.Р. для улавливания уноса; потом излагает теоретические основы очистки дымовых газов посредством электрофильтровь. После описания комбинированных электромеханических агрегатов для золоулавливания, автор в заключение дает некоторые виды богатого советского опыта эксплоатации электрофильтров.

O SOLUȚIE NOUĂ PENTRU UTILIZAREA ENERGIEI EOLIENE

Ing. A. DERIGAULT

Din rezultatele studiilor sovietice depe fiecare km² de pământ se poate obține efectiv cu turbinele de vânt uzuale circa 250 până la 750 kW sau 500.000 până la 1.600.000 kWh anual (Bolșaia Sovietscaia Ențiclopedia Ed. 2 vol. 7 pag. 697). Acestea sunt cifre extrem de ispititoare; dacă luăm valoarea minimă de 1/2 mil. kWh pe km² vedem că pentru a produce pe cale eoliană o energie egală cu producția actuală a tuturor centralelor din țară — circa 2 mrd kWh/an este nevoie de o suprafață de numai 4 — 5000 km², adică aproximativ egală cu suprafața Bărăganului.

In schimb această energie prezintă desavantaje enorme datorită lipsei de continuitate, variațiilor de direcție și de viteză a vânturilor și densității reduse a aerului.

Aceste desavantaje trag atât de greu în balanță, încât nu a fost încă posibil să se utilizeze energia eoliană la producția curentă de energie din rețelele publice sau industriale.

Presiunea, efectele fizice și puterea totală conținută într'un curent de aer având o secțiune de 100 m² în CP sunt redate mai jos:

Scara	Viteza m/sec.	Presiune kg/m²	Efecte fizice	Putere CP/100 m²
0	0,5 — 3	0,5	— se mișcă frunzele	neglij
1	5	3	— se mișcă ramurile	10
2	7	5	— se îndoaie ramurile	27
3	9	8	— se îndoaie coroanele	60
4	11	13	— plopii se încovoaie	110
5	14	19	— se rup frunzele	220
6	16	27	— se rup crengi	320
7	19	40	— se rup ramuri groase	550
8	23	56	— desrădăcinează	950
10	40	200	— uragan	5.400

Se vede că presiunea și puterea cresc foarte repede cu viteza.

Vântul a fost utilizat din cele mai vechi timpuri sub două forme: pentru mișcarea corăbiilor cu pânze și pentru acționarea morilor de vânt. Prima ramură de utilizare a dispărut aproape complect. In schimb a doua a continuat să preocupe intens pe savanți și pe tehnicieni. Construcția roților de vânt a atins un grad avansat de perfecțiune mulțumită studiilor savanților de specialitate.

In lucrările marelui savant sovietic Jukovschi se găsesc indicate profilele optime pentru diferite genuri de turbine de vânt.

Jukovschi a calculat că randamentul maxim pe care îl poate da o turbină de vânt este 0,593 cifră care reprezintă fracțiunea maximă utilizabilă a lucrului mecanic util din energia totală a curentului care străbate suprafața măturată de aripile turbinei. Această energie în CP este dată de relația:

$$N = \frac{d \cdot F \cdot V^2}{g \cdot 2 \cdot 75}$$

n care d este densitatea aerului (la nivelul mării 1,24) F este secțiunea curentului de aer considerat (m²), V = viteza acestuia (m/sec) și $g = 9{,}81$.

Există două tipuri de turbine de vânt bine puse la punct: turbina lentă și turbina rapidă

Turbina lentă are 20 — 25 aripi cu profil curb, fixate rigid în jurul osiei. Ea se caracterizează prin faptul că puterea maximă, pe care o poate da la o viteză dată a vântului, se obține la o viteză periferică a turbinei aproximativ egală cu viteza vântului și printr'un cuplu de demaraj de două ori mai mare decât cuplul pe care-l desvoltă regimul optim de lucru.

La viteze prea mari ale vântului aceste roți se rotesc automat în jurul axului vertical al sistemului eolian, prezentând vântului o suprafață cu atât mai redusă cu cât acesta este mai puternic.

Turbinele rapide au numai 2 — 3 aripi. Reglajul turației respectiv puterii roții se poate face fie prin rotirea sistemului în jurul axei verticale — ca mai sus — fie prin variația automată a unghiului de atac al aripelor. La aceste turbine, puterea maximă se obține pentru o viteză periferică egală cu de 4 — 5 ori viteza vântului. Cuplul lor de demaraj este foarte mic reprezentând o fracțiune din cuplul motor pe care îl desvoltă la regimul optim de lucru.

Este remarcabil faptul că pentru ambele tipuri de turbină coeficientul de utilizare a energiei curentului de aer care străbate aria măturată de aripi este același și ajunge la mașinile bine construite circa 0,35 față de cifra teoretică de 0,593 calculată de Jukovschi și de circa 0,10 cât au morile de vânt obișnuite cu 4 pale.

In consecință tipul lent se alege pentru antrenarea mașinilor cu cuplu de pornire ridicat (tip pompe), iar tipul rapid pentru mașini cu cuplu de pornire redus (tip dinam).

Industria sovietică produce în serie câteva tipuri de turbine de vânt destinate colhozurilor situate departe de raza de acțiune a rețelelor regionale. Aceste turbine sunt denumite prin câteva inițiale urmate de o cifră care arată diametrul rotorului.

Astfel menționăm ca turbine lente; tipul T.V.5 de 2,5 CP la viteza vântului de 8 m/sec. (randament 0,24) și T.V.8 de 6,5 CP iar dintre turbinele rapide tipul V.I.M.T. 12 de 14,5 CP și tipul D. 18 de 38 CP, care cântărește complet cu turbină și volan circa 15 tone.

Pentru ca turbinele de vânt cari antrenează dinamuri pentru luminat să poată face faţă fluctuaţiilor vântului, singurul mijloc practic dar costisitor şi greu de întreţinut este bateria de acumulatori. Peste 5 kW costul acumulatorilor devine însă oneros.

Pentru acumularea energiei, astfel obţinute s'a propus deasemeni utilizarea ei pentru electroliza apei acumulându-se această energie sub forma de H_2 şi O_2 sub presiune. Până acum nu s'a construit încă asemenea instalaţii.

O altă propunere, foarte ispititoare la prima vedere, preconizează pomparea apei dintr'un bazin inferior într'un bazin situat la câteva sute de metri deasupra nivelului acestuia. Apa astfel acumulată poate produce energia de vârfuri cu ajutorul unei turbine hidraulice, antrenând un generator sincron normal.

In practică un asemenea sistem este absolut prohibitiv. Iu adevăr distanţa minimă dintre două turbine de vânt trebue să fie de minimum 200 m pentru a fi corect utilizate. Din acest motiv un sistem hidroeolian implică instalarea unor canale şi a unor conducte de refulare de dimensiuni cu totul disproporţionate faţă de puterea obţinută.

De exemplu, un calcul sumar ne arată că un sistem hidroeolian de circa 1500 kW care ar da numai circa 1 mil. kWh pe an ar necesita circa 5—6000 t tubnri de tablă, circa 2000 t motoare eoliene, pompe etc. şi circa 20—3000 m^3 derocări, costând laolaltă circa 100 mil. lei. Kilowatul instalat s'ar ridica la vreo 70.000 lei faţă de circa 5—10.000 lei/kW cât revine la o centrală hidroelectrică. In plus găsirea unor sisteme orografice adequate este destul de anevoiasă mai ales dacă ţinem seama că în genere coastele munţilor sunt împădurite.

Turbina de vânt de mică putere constitue astăzi o maşină pusă la punct, susceptibilă de o fabricaţie în serie. In ce priveşte unităţile eoliene de mare putere — de diametre 30—53 m — punerea lor la punct pe bază de verificări experimentale nu este terminată şi această fază cere timp. In U.R.S.S. s'au instalat în 1938 două unităţi de 30 m în diametru, de 100 kW la 8 m/sec (la Balaklava şi Karabugaz). Rotoarele acestor turbine eoliene antrenând generatori asincroni, cântăresc 17 tone. Rezultatele obţinute înainte de război. (vd. Elektricestvo 1940 pag. 447) nu erau încă cele ce se aştepta pe bază de proiect. In S. U. A. s'a construit în 1941 o turbină cu diametru de 52 m dar care a fost distrusă de vânt şi nu a mai fost refăcută.

Savanţii sovietici Ufinţev şi Vetcinchin au propus construirea unui complex de 224 rotoare asamblate într'o singură construcţie pivotantă în formă de romb înaltă de 350 m şi lată de 500 m, putând desvolta până la 100.000 kW. Sensul acestei propuneri constă în faptul că la 300 metri deasupra solului vântul are viteze de 2—3 ori mai mari decât pe sol. Desigur că viitorul va permite experimentarea unui asemenea gigant.

In prezentul articol se propune însă o altă metodă, mult mai simplă, care să permită transformarea energiei vântului în curent electric normal de 6 kV 50 Hz în unităţi de mare putere (5—6000 kW) susceptibile de a fi pornite, puse în paralel pe o reţea regională şi oprite după voie.

Această metodă constă din aplicarea sistemului de transmitere la distanţă a energiei electrice sub formă de curent continuu cu intensitate constantă sub tensiune variabilă. Există în Franţa o astfel de transmisiune de câteva zeci de mii de kW: Generatorii care funcţionează sub o tensiune continuă, şi care poate atinge până la 150 kW. cari alimentează această linie sunt grupaţi în serie: puterea lor este transformată în curent normal trifazic prin convertizoare motor-generator.

Pentru a studia aplicarea acestui sistem la utilizarea energiei eoliene, să ne imaginăm — pentru a fixa ideile — două rânduri de motoare de vânt de tipul 12 m diametru, aşezate la circa 200 metri unul de altul. Fiecare motor este cuplat printr'un angrenaj, cu un dinam shunt de 10 kW, 100 V, 100 A. Ansamblul motor — dinam este izolat în raport cu pământul, fie cu ajutorul câtorva izolatori de porţelan susţinând soclul aparatului, fie montând acest motor pe un soclu de zidărie, sau de beton, acoperit cu asfalt şi prevăzut cu „volane" de tablă, constituind un fel de izolator gigantic de 18—20 m înălţime.

Se poate deasemenea face o transmisie cu două angrenaje conice şi un arbore vertical, izolând numai dinamul pe o consolă ad-hoc.

Toate dinamurile sunt legate în serie. Să ne imaginăm o dublă linie totalizând 2 × 300 motoare de vânt, lungă de circa 60 kilometri, ale căror dinamuri sunt cuplate în serie printr'un cablu aerian de aramă, susţinut de însăşi suporţii turbinelor eoliene.

Tensiunea totală a acestui lanţ de dinamuri va oscila între zero (calm absolut) şi 60 kV (putere maximă 6000 kW).

Acest curent poate fi transformat în curent trifazic normal de 6 kV 50 Hz cu ajutorul unui convertizor format dintr'un număr oarecare de motoare de curent continuu cuplate în serie a căror excitaţie va trebui să varieze astfel încât să menţină constantă atât intensitatea cât şi viteza motoarelor. In acest scop este suficient ca bobinele de excitaţie ale motoarelor să fie cuplate în serie şi alimentate de tensiunea lanţului eolian; o rezistenţă adiţională, variabilă sub acţiunea unui servomotor influenţat de intensitatea circuitului şi de viteza motoarelor, trebue să completeze efectul de reglaj aproape automat pe care-l reprezintă pentru viteza motoarelor acest cuplaj.

Tensiunea maximă admisibilă pe un colector este de ordinul a 8000 V.

Pentru a transforma un curent de maximum 60 kV va trebui deci să cuplăm pe acelaşi arbore 4 motoare duble, având fiecare câte 1500 kW, izolate cu îngrijire faţă de pământ şi antrenând

printr'un cuplaj izolant, un generator sincron de 5000 kW.

Puterea acestui grup va oscila în mod permanent după regimul vânturilor. Aceste grupuri nu vor putea deci să lucreze decât în paralel cu alte grupuri termo — şi hidroelectrice de o putere superioară.

Pentru a asigura funcţionarea grupurilor eoliene, fiecare dinam va trebui să fie prevăzut cu o frână electromagnetică, care să fie strânsă de o contragreutate imediat ce intensitatea curentului care străbate linia cade la zero (linia întreruptă prin accident sau manual prin automat).

Pentru a demara din nou lanţul de dinamuri este suficient de a închide circuitul şi de a trimite un curent de 100 A cu ajutorul unei surse auxiliare. Pentru a împiedeca inversiunea polilor fiecare dinamo va trebui să primească o uşoară compoundere.

Deasemenea fiecare dinamo va putea primi eventual câte un scurtcircuitor centrifugal care să împiedice trecerea curentului prin perii când maşina se opreşte.

Costul unui grup eolian având caracteristicele arătate mai sus, se va ridica la circa 40 milioane lei sau la circa 8.000 lei/kW instalat, adică la o valoare de ordinul de mărime a centralelor hidroelectrice. Construcţia acestor maşini cuprinde numai elemente cunoscute, susceptibile de a fi fabricate în serie. Întreţinerea se reduce la schimbarea la timp a periilor. Amintim, că prima microcentrală eoliană de 10 kW instalată la Kursk în 1930 de către savantul Vetcinkin şi de către inventatorul Ufinţev, funcţionează de 22 de ani fără să necesite vreun fel de îngrijire specială.

Metoda propusă permite valorificarea energiei vânturilor acolo unde funcţionează puternice reţele regionale; punerea sa în practică este în deosebi indicată în ţările de democraţie populară în care stăpânirea forţelor naturii pentru buna stare a oamenilor muncii, constitue o preocupare de stat.

RECENZII

BUNCHIN I. V.: *„Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur"*. Editura Energetică de Stat, 1953 (traducere din limba rusă).

Această carte tratează probleme legate de exploatarea turbinelor cu abur din centralele termoelectrice, în rezolvarea cărora foloseşte experienţa şi lucrările de cercetare executate de institutele de studii şi de cercetări de specialitate (Orgres, VTI şi altele).

In componenţa acestor agregate intră mecanisme complicate, a căror funcţionare trebue să fie sigură, fără deranjamnete şi întreruperi, chiar de scurtă durată. In consecinţă personalul trebue să cunoască şi să aplice regimurile de pornire, de încărcare, de funcţionare sub sarcină şi de oprire, precum şi măsurile de siguranţă pentru obţinerea unui randament optim.

Toate aceste probleme sunt examinate în această carte, care cuprinde patru mari capitole: turbinele cu abur; instalaţiile de condensare; instalaţiile pentru prepararea apei; utilajul auxiliar.

Primul capitol, — cel mai desvoltat — se ocupă de problemele principale privitoare la pornirea şi oprirea turbinelor, dând instrucţiuni generale pentru încălzirea, ridicarea turaţiei şi încărcarea turbinei pornite. Parametrii aburului (presiunea şi temperatura) au o mare influenţă asupra funcţionării turbinei, în special în cazul când turbina lucrează sub un regim diferit de acel pentru care a fost calculată.

O influenţă importantă o are şi depunerea de săruri, precum şi modul de spălare a căilor de trecere ale aburului în turbină.

Mai găsim în această parte îndrumări asupra sistemului de reglaj a turbinei de abur, detectarea sigură şi rapidă a deranjamentelor acestui sistem, condiţiile necesare pentru funcţionarea normală a reglajului. Se descrie un sistem de reglaj hidrodinamic după metoda Institutului de cercetări V.T.I., sistem introdus şi răspândit în ultimii ani în centralele din Uniunea Sovietică.

Un element important al instalaţiilor de turbine cu abur este circuitul de ulei, întru cât de acest circuit depinde în mare măsură funcţionarea sigură a turboagregatului. Se dau caracteristicele uleiurilor de întrebuinţat pentru turbine şi se arată modul de control, de curăţire a circuitului, insistându-se asupra centrifugării, filtrării şi regenerării uleiurilor.

Capitolul II tratează despre instalaţiile de condensare, unul din elementele componente ale agregatului turbinei cu abur, element de care depinde randamentul economic al turbinei. In funcţionarea instalaţiei de condensare nu trebue să apară neregularităţi şi anume: înrăutăţirea vidului, subrăcirea condensatorului, mărirea conţinutului de oxigen în condensator, pătrunderea apei în spaţiul de abur al condensatorului. Se dau indicaţiuni asupra efectelor nocive a acestor neregularităţi şi îndrumări pentru înlăturarea lor. Deasemenea se mai descriu depunerile de natură organică în interiorul ţevilor, şi în conductele de apă.

Capitolul III, se ocupă de instalaţiile pentru prepararea apei, respectiv a instalaţiei de preîncălzire regenerativă şi a instalaţiei de degazare.

Rolul primelor instalaţii este de a preîncălzi apa de alimentare cu ajutorul aburului prelevat din treptele intermediare ale turbinei, deci a aburului parţial utilizat.

Pentru degazarea apei, se foloseşte procedeul termic, iar ca măsură suplimentară pentru eliminarea oxigenului, procedeul chimic. Una din condiţiile principale ce trebuie să le îndeplinească apa de alimentare a cazanelor este un conţinut cât mai limitat de oxigen şi de bioxid de carbon, dacă este posibil până la eliminarea completă. Pe lângă descrierea metodelor şi avantajelor ce rezultă din prepararea apei, se mai descriu instalaţiile respective: preîncălzitorii şi degazorii.

Ultimul capitol al acestei cărţi este rezervat utilajului auxiliar, în care intră instalaţiile de termocompresori, ejectori pentru laminarea aburului, calele de condensare, pompele şi instalaţiile pentru răcirea apei.

Traducerea în limba română, înlesnind cunoaşterea experienţei sovietice, atât din practica centralelor cât şi din cercetările institutelor speciale, aduce un ajutor practic de valoare personalului care se ocupă cu instalaţiile şi cu funcţionarea turbinelor cu abur.

TRADUCERI DE LUCRARI TEHNICE EFECTUTE DE I. D. T.

Să extindem popularizarea cunoştinţelor tehnice. Bibliotecar, 1952, Nr. 6, 1—4. (Dos. 21.379, 6 p.).

Konikov, A. S.: Economia de materiale în uzină. Moscova, 1952. (Dos. 20.202, 118 p., 61 fig.).

Cum contribue aplicarea sistemului de conducere a întreprinderii prin dispeceri la mărirea productivităţii muncii şi la îmbunătăţirea calităţii. Magyar Textiltechn., 1952, Nr. 8—9, 282—288. (Dos. 21.727, 29 p).

Iuşin, N.: Organizarea complexă stahanovistă a locului de muncă. Moscova, 1950. (Dos. 20.200, 37 p.).

Gostev, V. I.: Căile de îmbunătăţire a calităţii produselor Moscova, 1949. (Dos. 20.184, 33 p.).

Vorobiova, A. V.: Organizarea gospodăririi socialiste în ateliere. Moscova, 1952. (Dos. 18.901. 33 p.).

Intrecerea socialistă şi mişcarea raţionalizatorilor. Gosp. Plan., 1952, Nr. 6, 59—63. (Dos. 21.611, 13 p.).

Cum trebue desvoltat spiritul inventiv al muncitorilor. Gaz,. Voda i Techn. Sanit., 1952, Nr. 5, 130—134. (Dos. 21.433, 15 p).

Lazarov, N. V.: Substanţele chimice nocive în industrie. 2 vol. Leningrad, 1951. (Dos. 17.436, 705 p.).

Utilizarea planificării măsurilor technico-organizatorice în protecţia muncii. Bezp. Hyg. Prace, 1952, Nr. 10 (Oct.), 308—309. (Dos. 21.582, 4 p.).

Experienţa de doi ani a aplicării planificate a insecticizilor persistenţi în lupta contra muştelor. Ghighiena i Sanit., 1952, Nr. 9 (Sept. 49—50. (Dos. 21.581, 5 p.).

Instalaţiile de distribuţie complete (Dulapuri de distribuţie) pentru întreprinderile industriale. Electricestvo, 1952, Nr. 3 (Mart.), 17—24. (Dos. 21. 894, 18 p.).

Descoperirea şi prevenirea coroziunii intercristaline la cazanele de abur. Rabocii Energ., 1952, Nr. 2, 24—36. (Dos. 21.566, 6 p., 1 fig.).

Meikliar, N. V.: Defectele provocate de deranjarea circulaţiei la cazanele de abur acvatubulare. Moscova, 1952. (Dos. 20.187 p., 54 fig.). Cum evităm depunerea pietrei de cazan. Electricestvo, 1952, Nr. 7—8, 190 (Dos 21.900, 5 p.).

Lobacenko, N. G.: Curăţirea prin suflare a suprafeţelor de încălzire a agregatelor de cazane. Moscova, 1952, (Dos. 18.904, R36 p.).

Cercetarea procesului de ardere turbulentă ţinându-se seama de reacţiile secundare. Izv. Akad. Nauk, Tehn., 1951, Nr. 5 (Mai), 657—666, (Dos. 16.733, 16 p., 2 fig.).

DIFERITE LUCRĂRI TEHNICE INTRATE IN BIBLIOTECA I.D.T.

Lîkov, A. V.: Teoria conductibilităţii termice. (Teoria teploprovodnosti). Moscova, Gostehteoretizdat, 1952, I92 p., div. fig.

Instalaţii termoenergetice de putere mică şi medie (Indreptar) (Teploenerghcticeskie ustanovki maloi i srednei moşcinosti. Spravocinoe rukovodstvo). Moscova-Kiev, Maşghiz, 1952, 515 p., div. fig.

Sliahin, P. N.: Rezistenţa la vibraţii a paletelor turbinelor cu abur. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 111 p., 48 fig.

Ivanov, V. S. şi Mirzoeva, E. A.: Curăţirea sistemelor de ungere ale turbinelor cu abur. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Editura Energetică de Stat, 1953, 63 p., 10 fig.

Zalkind, I. I. şi Vasilieva, G. N.: Construcţiile, condţiile de funcţionare şi materialele refractare ale zonelor de aprindere din focarele cazanelor. (Traducere din limba (rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 45 p., 16 fig.

Şapkin, I. F.: Evacuarea nămolului din cazane prin purjarea de regenerare. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 55 p., 9 fig.

Reguli pentru construcţia, montarea, întreţinerea şi revizuirea conductelor de abur şi de apă caldă. (Elaborate de M.C.E. al U.R.S.S. Inspectoratul General de Stat pentru supravegherea cazanelor. Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 96 p., 2 fig.

Lugovskoi, M. V. şi Glebovici, A. A.: Exploatarea utilajului hidromecanic al centralelor hidroelectrice săteşti. (Exploataţia ghidromehaniceskogo oborudovania selkih ghidroelektrostanţii). Moscova, Selhozghiz, 1953 1953, 256 p., div. fig.

Chinko, S. S. şi Strelkovski, S. A.: Centrale hidroelectrice rurale. (Selskie ghidroelektrostanţ i). Moscova, Selhozghiz, 1953, 140 p., 61 fig.

Gestenberg, G.: Acumularea prin pompare. Contribuţie la rezolvarea problemei. Acoperirea cerinţelor de vârf în economia energiei. (Die Pumpspeicherung. Ein Beitrag zur Losung der Problems: Deckung des spitzenbedarfs im der Energhiewirtschaft), Berlin, Verlag Technik, 1952, 139, p., 31 fig.

Manet, A. P.: Coroziunea utilajului termoenergetice dela centraîele electrice. (Korrozia teplosiovogo electroborudovania electrostanţii). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 296 p., dib. fig.

Iahontov, A. P.: Analiza chimică a şisturilor combustibile. (Himiceskii analiz goriucih slanţev). Moscova, Gosheolizdat, 1952, 42 p., 10 fig.

Jeleznev, A. I.: Determinarea puterii calorifice a lemnului de foc la întreprinderi. (Opredelenie teplotvornici spodobnosti drov na predpriatiah). Moscova-Leningrad, Goslesbumizdat, 1952, I0 p., 7 fig.

Chanin, I. M. şi Juzin, W. W.: Bilanţul de materiale şi bilanţul termic al cuptoarelor de cocsificare. (Bilans Materialowy i bilans cieplny piecow koksowniczych). Katovice, D.W.T., 1952, 132 p., 7 fig.

Grin. L. P.: In ajutorul muncitorului dela motoare şi dela generatoare de gaz. (V. promoşci motoristu i gazogheneratorşciku elektrostanţii). Moscova-Kiev, Maşghiz, 1952, 180 p., 42 fig.

REVISTE

ELEKTROTCHNIKY OBZOR

(Revista Electrotehnică, R. Cehoslovacă) 42 (1953), Nr. 5 (Mai)

SUMAR

— Laureaţii premiului de Stat pe anul 1953 . . . 241
Broz J., Marek N., Vilim F.,: Determinarea defectelor ţevilor prin metoda magnetică 244
Churm Vl.: Descărcări glisante 248
Maier D.: Observaţie privitoare la fenomenul Johansen-Rahbeck 257
Hrubi J.: Comanda maşinilor de extracţie cu curent continuu, cu regulatori statici 262
Gabler M.: Oscilograful în buclă şi utilizarea lui . . 267
Maska I.: Socluri de beton pentru stâlpii de lemn ai liniilor electrice 275
Novatai S.: Verificarea bornelor de conecatare a conductorilor din aluminiu 251
— Descoperirea scurtcircuitelor la spire 289
— Metoda de aproximaţie pentru calculul fenomenelor transmiterii în sistemele lineare . . . 589
— Calculul tracţiunii magnetice excentrice . . 291
— Diagrama vectorială generalizată a maşinii sincrone cu poli înecaţi şi utilizarea ei 292
— Transformatori ACEC pentru tensiune fioarte înaltă 293
— O sursă de tensiune continuă înaltă 293
— Procese de şoc în instalaţiile de distribuţie . 294
— Amestecul de luminofori pentru lămpile fluorescente 296
— Iluminatul electric al trenurilor 296
— Tendinţe noi în construcţia metroului 297
— Instalaţie telefonică de înaltă frecvenţă, pentru linia de înaltă tensiune 293
— Supratensiuni de şoc în înfăşurarea transformatorului 300
— Comunicări 301
Dveracek W.: Repararea şi întreţinerea liniilor aeriene de tensiune înaltă şi de tensiune foarte înaltă sub tensiune . . . . . T 29
— Proprietăţile unor dielectrici anorganici . . . T 33

WIADOMOSCI ELEKTROTECHNICZENE

(Buletinul Electrotechnic, R. P. Polonă) XIII (1953), Nr. 5 (Mai)

SUMAR

— Trăiască 1 Mai 97
— Pentru popularizarea citirii revistelor şi cărţilor tehnice 98
Mazur M. :Uscarea electrotermică 99
Karasinski Z. : Protecţia motoarelor asincrone trifazate împotriva funcţionării pe două faze 101
Guie ie ski J. : Fenomenele electrice în instalaţiile de parafulgere şi în mediul înconjurător 103
J. B. : Observaţii în legătură cu folosirea lămpilor fluorescente 105
Z. K. : Despre posibilitatea renunţării la uscarea maşinilor electrice umezite 107
K. V. : un motor pentru 60.000 rot min. 108
Z. K. : Curentul în metale şi electroni 109
— Fixarea conductelor din ţevi pe construcţii de beton armat 110

Protecţia muncii

— Protecţia muncii în săparea şanţurilor pentru cabluri 112
J. V. : Electrocutare mortală din cauza alcoolului . . 112

Raţionalizări

Cuziur C. : Economia de cupru la clamele de legătură 113
Z. K. : O metodă nouă de regenerare a condensatorilor statici. 114
J. N. : Un dispozitiv electric pentru determinarea sorturilor de oţel 119
— Raţionalizări în exploatarea instalaţiilor energetice 115
— Pornirea mai multor motoare cu o singură rezistenţă de demarare 116

Terminologia electrică

— Protecţie 117

Noutăţi electrotehnice

J. B. Metamagneţii 117
J. B. : Baie de lipit cu ultrasunete 118
— Răcirea generatorilor cu ajutorul hidrogenului, la presiuni ridicate 119
— Corespondenţă tehnică 119
Z. K. : Fazmetrele 119

GHIDROTEHNICA I AMELIORAŢIA

(Hidrotehnica şi Ameliorarea, U.R.S.S.) V(1953), Nr. 4 (Aprilie)

SUMAR

— Utilizarea rezervelor de apă pentru desvoltarea producţiei agricole 3
Parhonenco M. L. : Despre proprietăţile hidrologice ale solurilor din zona Niprului inferior 8
Saunian V. A. : Irigarea cu ape de suprafaţă prin folosirea rigolelor artificiale combinate cu tuburi de drenare 17
Zamarin E. A. : Despre pelicula laminară în hidraulică 26
Kazakov S. P. : Repartizarea raţională a ajutajelor la instalaţiile de ploaie artificială 37
Cheitman B. G. : Metoda de asanare a malurilor din zona lipsită de cernoziom 45
Hapierski I. S. : Construirea barajelor agricole prin hidromecanizare 55
Logov L. E. : Pompe verticale submersibile fără manivelă 63
Turke V. A. : Rezultatele exploatării sistemelor de dirijare a curentului apei din fluviul Amu-Daria 68

Critică şi bibliografie

Rivin I. I. : Cu privire la articolul lui I. F. Velodke „Relaţia între coborîrea nivelului de exploatare şi debitul puţului pe de o parte şi diametrul şi lungimea filtrului pe de altă parte" 74
Oraciov M. A. : Un manual preţios pentru şcolile tehnice de ameliorări hidraulice 78

ENERGHETICESKII BIULETEN

(Buletinul de energetică, U.R.S.S.) 1953, Nr. 5 (Mai)

SUMAR

Şatilov A. I. : Cercetarea funcţionării filtrului de curăţare fină a uleiului. 1
Mihalin G. I. : Norme de consum pentru combustibil şi ulei în centrale Diesel electrice 10
Somov V. A. Cercetarea combustibililor pentru motoarele lente, cu aprindere prin compresiune . 17
Glazkov A. N. : Proiectarea alimentării cu energie electrică a rafinerilor de petrol 20
Ozol P. T. : Câteva probleme de proiectare a protecţiei cu relee şi a automatizării staţiilor de compresoare din industria petroliferă 24
Matienko A. S. : Despre alegerea mijloacelor de protecţie în cazul deteriorării izolaţiei în instalaţii electrice din industria petrolieră 20
Kariakin P. N. şi Rabinovici Z. I. : Automatizarea comenzilor cazanelor de abur de mică putere. . 20

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și oarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ

L. M. Piotrovschi: **Maşini electrice** (trad. din limba rusă) 788 pag. 65 lei

C. A. Crug: **Bazele electrotehnicii.** vol. II (trad. din limba rusă) . . . . . 508 „ 40 „

I. P. Jerebţov: **Radiotehnica pentru amatori** (trad. din limba rusă) . . . . . 462 „ 19,45 „

V. G. Borisov: **Tânărul radioamator** (trad. din limba rusă) . . . . . 344 „ 11,90 „

P. D. Sveţov: **Repararea, revizia şi exploatarea maşinilor şi turbinelor cu abur** (trad. din limba rusă) 220 „ 11,75 „

I. Simionescu şi B. Feldman: **Îndrumător pentru instalatorii electricieni** . . . . . 168 „ 6,55 „

S. D. Clementiev: **Releul fotoelectric şi aplicaţiile lui** (trad. din limba rusă) . . . . . 116 „ 1,75 „

A. S. Gorscov: **Indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice** (trad. din limba rusă) . . . 420 „ 30,43 „

A. M. Comarov şi V. V. Lucnitchi: **Indreptar pentru termotehnicieni** (trad. din limba rusă) . . . . . 452 „ 26,55 „

M. M. Epanesnicov şi M. V. Socolov: **Iluminatul electric** (trad. din limba rusă) . . . . . 234 „ 11,56 „

V. N. Costocichin: **Instalaţii de tiraj prin aspiraţie şi refulare la centralele electrice. Ventilatoare.** (trad. din limba rusă) . . . . . 308 „ 17,08 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

C. B. Mazel: **Redresori şi stabilizatori de tensiune** (trad. din limba rusă) . . . . . 120 „ 7,10 „

A. P. Zlatcovschi şi V. A. Şustov: **Posturi de transformare pe stâlpi** (trad. din limba rusă) . . . . 74 „ 4,75 „

E 2039
d
KAT
Institut de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
ОБМЕН - ЦЕНТРЕ
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Műszaki Könyvtár
BUDAPEST

10

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Octombrie 1953 ★ Nr. 10 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

* * *: Aniversarea Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie 1

HIDROENERGETICA

A. Bărglăzan, prof. dr. ing.: Hidroturbine autoregulatoare 4

M. Podani, ing.: Problemele automatizării centralelor hidroelectrice lucrând în cascadă 10

TERMOENERGETICA

I. Barbu, ing.: Noile concepţii sovietice de clasificarea cărbunilor şi aplicarea lor în R.P.R. . . 13

ELECTROENERGETICA

I. Constantinescu, prof. dr. ing.: Măsura conductivităţii solului 18

G. Drăgan, ing.: Folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecţia instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice 21

ASPECTE TEHNICO-ECONOMICE ALE PROBLEMEI FACTORULUI DE PUTERE

Gh Petrescu, prof. dr. ing.: Bazele tehnico-economice ale programului de îmbunătăţire a factorului de putere 34

DIN EXPERIENŢA U.R.S.S.

L. Mihail, ing.: Perspectivele de desvoltare a energeticei sovietice în viitorul apropiat 42

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * *: Годовщина Великой Октябрьской Социалистической Революции 1

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

А. Бырглэзан: Саморегулирующиеся гидротурбины 4

М. Подани: Вопросы автоматизации каскадных гидроэлектростанций 10

ТЕРМОЭНЕРГЕТИКА

И. Барбу: Новые советские воззрения о классификации углей и их применение в Р.Н.Р. . . . 13

ЭЛЕКТОЭНЕРГЕТИКА

И. Константинеску: Измерение проводимости грунта 18

Г. Драган: Применение трубчатых разрядников для защиты электроустановок от атмосферных перенапряжений 21

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТОРОНА ВОПРОСА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Г. Петреску: Технико-экономические основы программы улучшения коэффициента мощности . 34

ИЗ ОПЫТА СССР

Л. Михаил: Перспективы развития советской энергетики в ближайшем будущем 42

Országos Mészaki Könyvtár TULAJDONA

ANIVERSAREA MARII REVOLUȚII SOCIALISTE DIN OCTOMBRIE

La 7 Noembrie 1953 s'au împlinit 36 de ani dela evenimentul care a schimbat tot mersul istoriei omenirii, care a deschis lumii întregi calea spre desființarea oricărei forme de exploatare a omului de către om.

Aniversarea acestei zile a devenit scumpă celor ce muncesc, căci ea a însemnat evenimentul cel mai de seamă din întreaga istorie a societății omenești, cotitură hotărîtoare dela lumea veche capitalistă, la lumea nouă socialistă.

Prin luptele duse de veacuri, masele exploatate și asuprite n'au izbutit decât să schimbe pe unii exploatatori cu alții, dar n'au reușit să înlăture exploatarea omului de către om.

Marea Revoluție Socialistă din Octombrie a sfărâmat orânduirea capitalistă și a construit pe a șasea parte din globul pământesc o nouă orânduire, în care nu mai există exploatare și asuprire, deschizând în același timp o epocă nouă în istoria omenirii, epoca prăbușirii sistemului capitalist, epoca revoluțiilor proletare și a victoriei socialismului.

Din primele zile ale existenței sale, Statul Sovietic a exercitat o puternică influență asupra desvoltării mișcării revoluționare din celelalte țări, toți exploatații și asupriții din lumea întreagă înțelegând că victoria primei revoluții socialiste nu a însemnat numai eliberarea proletariatului și țărănimii din Rusia țaristă, ci începutul eliberării proletariatului mondial, începutul eliberării tuturor celor ce muncesc din toată lumea.

Sub conducerea lui Lenin și Stalin, Țara Sovietelor a învins greutățile și a înlăturat piedicile ridicate de dușmani, care au aruncat cu furie armatele a 14 state capitaliste pentru a distruge primul stat al dictaturii proletariatului. Uniunea Sovietică a devenit în scurtă vreme o uriașe putere industrială, țara agriculturii înaintate și a culturii socialiste înfloritoare.

Construind cu succes socialismul și întărindu-se neîncetat, Uniunea Sovietică a dovedit că nu există forță în lume în stare să oprească mersul înainte spre socialism.

Victoria Marii Revoluții Socialiste din Octombrie a făcut ca și construirea societății socialiste în Țara Sovietelor să devină posibilă, datorită forței sociale puternice, care este alianța clasei muncitoare cu țărănimea muncitoare, alianță ce a învins împotrivirea forțelor societății capitaliste și a dat câmp de desvoltare liberă legii economice obiective a concordanței obligatorii a relațiilor de producție cu caracterul forțelor de producție. Sprijinindu-se pe această lege economică obiectivă, puterea sovietică a socializat mijloacele de producție, le-a făcut proprietatea întregului popor și a desființat astfel sistemul de exploatare creând formele economice socialiste.

Politica de industrializare socialistă, de colectivizare a agriculturii, a dus la faptul că în anii mărețelor cincinale staliniste de dinainte de război, Uniunea Sovietică a făcut un mare salt înainte, transformându-se dintr'o țară agrară înapoiată din punct de vedere tehnic și economic într'un stat socialist industrial, puternic și înaintat.

Cei 36 de ani, care au trecut până acum, au confirmat și dovedit forța și vitalitatea orânduirii sociale și de Stat sovietice. Uniunea Sovietică a făcut față cu cinste grelelor încercări ale Marelui Război pentru Apărarea Patriei și a salvat lumea de primejdia robiei fasciste.

Ca rezultat al Revoluției din Octombrie, care a deschis epoca revoluțiilor eliberatoare din colonii, crește avântul luptei popoarelor din țările coloniale și dependente, pricinuind destrămarea sistemului colonial.

Puternic se ridică mișcarea pentru apărarea Păcii, amenințată de imperialiștii americani, mișcare de masă, care este cea mai largă din cele cunoscute în istorie și care arată cât de fierbinte este voința popoarelor pentru menținerea și apărarea păcii.

Anul acesta, serbând a 36-a aniversare a Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, popoarele lumii au întâmpinat acest eveniment în condițiile slăbirii continue a sistemului capitalist mondial, care este zdruncinat din temelii de contradicțiile adânci din sânul lui. Armistițiul din Coreea a fost o lovitură puternică dată ațâțătorilor la război verificând principiul că nu există chestiuni litigioase care să nu poată fi rezolvate pe calea tratativelor, așa cum a arătat tovarășul Malencov.

Astăzi, Uniunea Sovietică nu mai este singură în fața imperialismului agresiv, ea nu mai este în situația de izolare internațională. Strâns unite în jurul Uniunii Sovietice, sub steagul internaționalismului, au apărut țările de democrație populară începând din China și Coreea și până în Ungaria și Cehoslovacia. Cu ajutorul frățesc al Uniunii Sovietice și prin colaborarea reciprocă, ele se desvoltă și se întăresc necontenit. Steagul Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, purtat de Lenin și Stalin, este dus astăzi de o treime a omenirii, de 800 milioane oameni.

In apărarea păcii, se ridică astăzi și forțele democratice din lumea capitalistă. In fruntea acestora, se află eroicele partide comuniste, care sprijină politica de pace a Uniunii Sovietice,

conștiente fiind că orice sprijin dat luptei pentru pace înseamnă sprijinirea propriului lor popor în lupta pentru libertate și o viață mai bună.

Marea prietenie și strânsa colaborare frățească, care unește țările lagărului păcii și socialismului, formează un zid de care se lovesc și se sfarmă toate încercările criminale ale imperialiștilor, care încearcă prin toate mijloacele să dezlănțuie un nou război mondial, sperând astfel că vor putea stăvili mersul irezistibil al omenirii înainte spre libertate și progres.

In timp ce pregătirile de război, pe care le desfășoară țările blocului Atlantic și în primul rând Statele Unite, sunt însoțite de fascizarea vieții publice în aceste țări, în timp ce se adâncește pauperizarea oamenilor muncii, iar profiturile marilor monopoluri cresc în mod scandalos, Partidul Comunist al Uniunii Sovietice se îngrijește neîncetat de satisfacerea nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale oamenilor muncii.

Pe baza succeselor dobândite în desvoltarea industriei grele, s'au creat toate condițiile necesare pentru a organiza un avânt vertiginos al producției de articole de larg consum.

Recentele Hotărîri, adoptate de Consiliul de Miniștri al U.R.S.S. și de Comitetul Central al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice cu privire la măsurile pentru desvoltarea continuă a agriculturii în U.R.S.S., la lărgirea producției de mărfuri alimentare și a producției de mărfuri industriale de larg consum, precum și Hotărîrea cu privire la măsurile pentru desvoltarea continuă a comerțului sovietic, reprezintă un program gigantic, care își va găsi expresia în creșterea necontenită a venitului național, în reducerea sistematică a prețurilor mărfurilor de larg consum, în ridicarea salariului real al muncitorilor și funcționarilor și a veniturilor țăranilor.

In cursul acestui an, industria sovietică va produce: 5 300 milioane metri țesături de bumbac; peste 200 milioane metri țesături de lână; 400 milioane metri țesături de mătase; 3 600 000 tone de zahăr; 400 000 tone grăsimi, iar până la sfârșitul anului 1955, cifrele de plan au fost astfel corectate la mărfurile alimentare și industriale, încât să depășească cu 65% producția anului 1950.

Deasemenea, agricultura sovietică, isvorul principal de aprovizionare a populației cu alimente și a industriei ușoare cu materii prime, va lua o desvoltare și un avânt continuu, prin înzestrarea ei cu mijloace tehnice moderne, prin mecanizarea completă a multor categorii de munci.

Înfăptuirea acestei sarcini în cel mai scurt timp va ridica Țara Sovietelor pe o nouă culme ducând la înflorirea multilaterală a societății socialiste, va însemna un pas uriaș înainte pe calea spre comunism.

Aniversând ziua de 7 Noembrie, poporul nostru muncitor este conștient că toate cuceririle sale istorice, precum și faptul că a devenit stăpân pe propria lui soartă și că își poate făuri o viață fericită, își au isvorul în puternica influență avută de Marea Revoluție Socialistă din Octombrie asupra mișcării muncitorești din țara noastră.

Dela înființarea sa, Partidul Comunist s'a așezat în fruntea maselor și a luat conducerea luptei claselor muncitoare împotriva exploatării precum și împotriva înstrăinării avuțiilor țării de către burghezo-moșierime.

Aplicând teoria marxist-leninistă la condițiile istorice ale desvoltării țării noastre, precum și la specificul intensificării luptei de clasă dela noi, Congresul al V-lea a arătat rolul de hegemon al proletariatului în realizarea sarcinilor istorice ce stăteau în fața poporului muncitor din țara noastră.

Sub conducerea Partidului Comunist, clasa muncitoare a înscris în 1933 la Grivița și pe Valea Prahovei, una din paginile glorioase ale poporului nostru.

In condițiile dictaturii fasciste și a celei antonesciene, care ne-au târît în războiul nejust contra Uniunii Sovietice, sarcina principală a Partidului Comunsit a fost de a mobiliza pe toți patrioții în lupta de eliberare națională.

Eliberarea patriei noastre de către glorioasele Armate Sovietice a deschis drumul forțelor muncitorești și democratice conduse de Partid, spre instaurarea regimului democrat-popular.

Partidul Muncitoresc Român, devenit forța conducătoare în țara noastră, este deci rezultatul unui proces îndelungat de desvoltare istorică a poporului nostru, al luptei sale de veacuri pentru eliberarea socială și națională, ridicată pe o treaptă superioară de mișcarea muncitorească revoluționară.

Succesele luptei clasei muncitoare i-au permis ca — în alianță cu țărănimea muncitoare — sub conducerea Partidului, să ia în mâinile sale întreaga putere politică în stat, să instaureze regimul de democrație populară care construește socialismul, folosind învățătura, experiența și ajutorul neprecupețit al Uniunii Sovietice.

Legăturile de tip nou dintre Uniunea Sovietică și Republica Populară Română s'au desvoltat necontenit sub steagul internaționalismului proletar, al ideilor victorioase marxist-leniniste.

Prietenia și ajutorul sovietic sunt pentru noi un isvor de forțe nesecate, un îndrumător sigur și puternic spre progres. Patria noastră a obținut importante succese în lichidarea înapoierii economice și culturale a țării, în construirea unei vieți noi pentru cei ce muncesc.

Dacă ne vom referi numai la unul din sectoarele mai importante și anume la sectorul electrificării, vom constata că ajutorul Uniunii Sovietice a fost hotărîtor în decursul celor trei ani care au trecut dela elaborarea planului nostru de electrificare.

Termocentrala Ovidiu II a fost concepută și proiectată de specialiștii sovietici. Proiectele au fost alcătuite pe baza celor mai înaintate cuceriri ale tehnicii sovietice, iar utilajul a fost fabricat în întregime în U.R.S.S.

Inginerii, tehnicienii, montatorii sovietici au venit să ajute tehnicienilor și muncitorilor noștri să ridice această construcție de o mare importanță pentru ridicarea economică și culturală a Do-

brogei, atât de vitregită în regimul burghezo-moșieresc.

Deasemenea, Uniunea Sovietică ne furnizează proiectele și echipamentul pentru majoritatea centralelor, prevăzute în planul de electrificare, precum și pentru o serie de fabrici noi din această ramură industrială.

Șantierele lucrează cu numeroase utilaje sovietice: compresoare, perforatoare, benzi transportoare, fabrici de ciment, agregate de hidromecanizare, etc.

Fabricile de mașini electrice au fost utilate cu mașini-unelte sovietice: strunguri, freze, raboteze, etc., care le-au mărit considerabil productivitatea.

Bazată pe un fundament teoretic profund, experiența sovietică în domeniul energeticei și electrotehnicei este de un neprețuit folos celor care lucrează în sectorul electric, astfel ridicându-se tehnicitatea în industria și pe șantierele noastre.

Literatura științifică și tehnică, rod al creației sovietice și formă eficace de ajutor pentru ridicarea permanentă a tehnicii și productivității muncii și deci a nivelului de trai material și cultural al poporului nostru muncitor, au drept caracteristice principale înaltul nivel științific și tehnic, prezentarea într'o formă accesibilă, pentru ca să poată fi însușite cu ușurință de cei cărora li se adresează, date și metode verificate prin strălucita experiență sovietică și prezentate cititorului fără rezerve în ceeace privește concepția, fabricația, funcționarea, etc. Aceste caracteristici le poate avea numai un ajutor acordat în cadrul internaționalismului proletar.

O însemnată parte în creșterea și perfecționarea producției o are aplicarea minunatelor metode sovietice în muncă, o altă formă importantă a ajutorului tovărășesc pe care îl primim din partea U.R.S.S.

Muncitorii, tehnicienii și inginerii noștri folosesc din ce în ce mai mult metodele stahanoviștilor sovietici. Studierea, însușirea și aplicarea a acestor metode ia în țara noastră din ce în ce mai mult caracterul de mișcare de masă.

Pășind pe drumul socialismului, în fața poporului muncitor din țara noastră au stat și stau sarcini mărețe. Socialismul este de neconceput fără un avânt puternic al forțelor de producție, fără o puternică industrie grea și o industrie desvoltată producătoare de bunuri de larg consum, fără o agricultură mecanizată, fără o cultură nouă, bun al maselor largi populare.

Industria grea, baza desvoltării întregii economii naționale, se află în necontenită creștere. Industria bunurilor de larg consum se desvoltă deasemeni pe linia ascendentă. Situația gospodăriilor țărănești mici și mijlocii s'a îmbunătățit.

Ridicarea producției agricole constitue o condiție esențială în desvoltarea economiei naționale, în creșterea nivelului de trai al maselor. Astfel, pentru desvoltarea producției agricole în 1953—1955, se vor face investiții de circa 6 miliarde lei, adică mai mult decât îndoitul celor din 1950—1952.

Partidul, al cărui scop suprem este făurirea fericirii poporului, se călăuzește în politica sa, în mod consecvent, după linia politică de construire a socialismului, a cărei lege economică supremă este asigurarea satisfacerii — într'o măsură tot mai mare — a nevoilor materiale și culturale ale poporului muncitor, a adoptat un program de măsuri economice menite să lichideze lipsurile și să dea un nou avânt creșterii bunei stări a poporului, prin ridicarea producției agricole, sporirea bunurilor de larg consum, pentru obținerea unei abundențe de produse.

Programul amplu de măsuri elaborat de Partid trebue să ducă — începând din trimestrul IV al anului 1953 și în cursul următorilor doi ani — la o perioadă de îmbunătățire a condițiilor de trai ale clasei muncitoare, ale oamenilor muncii din orașe și sate.

Traducând în viață politica Guvernului și Partidului, oamenii muncii din uzine, fabrici, întreprinderi, șantiere, se străduesc să obțină cât mai multe produse de larg consum.

Sărbătorind a XXXVI-a aniversare a istoricei zile de 7 Noembrie oamenii muncii din țara noastră, asemeni ce'or ce muncesc din toate țările lumii, își îndreaptă privirile cu și mai multă dragoste și recunoștință către măreața patrie a Revoluției Socialiste, reazimul păcii și libertății popoarelor.

HIDROTURBINE AUTOREGULATOARE

Prof. dr. ing. A. BĂRGLĂZAN

In domeniul mașinilor hidraulice, o problemă importantă și incomplect rezolvată până acum este aceea a regulării lor și în special a autoregulării. In cadrul turbinelor mari, de tipul Kaplan s'au realizat unele progrese importante în această direcție, prin propunerile ing. Nesâtov. Pentru turbinele mici de toate tipurile, s'au preconizat metode și construcții pentru realizarea autoregulării cât mai simple și mai economice.

In construcția turbinelor hidraulice, nu se mai pune problema îmbunătățirii randamentului, întrucât acesta a atins valori aproape limite. Prin cercetările aprofundate, asupra diferitelor părți componente ale unei turbine, pierderile respective au fost reduse aproape la minimum. Nu rareori randamentul turbinelor mari depășește valoarea de 95%, ceeace înseamnă că suma tuturor pierderilor la trecerea apei prin turbină nu atinge nici 5%; din puterea turbinei.

Este adevărat că problema turbinelor hidraulice prezintă un aspect special chiar din punctul de vedere al randamentului, și anume fiecare situație de pe teren implică o anumită soluție și pentru această soluție trebue reduse pierderile la minimum, prin cercetări executate pe modele în laborator. In construcția turbinelor mari, nu se poate stabili soluția definitivă fără a se ține seama de condițiile locale unde va fi instalată turbina și anume : cota terenului, natura fundației, posibilitățile de așezare a turbinei, ax vertical sau ax orizontal, tubul de aspirație drept sau curb, etc. Adeseori, aceste condiții impun soluția pentru turbine.

Pentru asigurarea unui randament ridicat la turbinele dela marile centrale hidroelectrice dela Kuibâșev și Stalingrad, se fac studii speciale în diferitele laboratoare din U.R.S.S., unde se studiază toate părțile componente ale turbinei pentru a se reduce pierderile la minimum și pentru a se stabili soluția optimă din punct de vedere al siguranței în funcționare (cavitație), ținând cont în aceste cercetări de condițiile locale speciale.

Dacă randamentul turbinelor hidraulice nu mai constitue o problemă nerezolvată pentru constructorii de turbine, mai există totuși probleme de rezolvat în legătură cu siguranța în funcționare și cu regularea turbinelor.

Un fenomen care pericliteză siguranța în funcționare a unei mașini hidraulice este fenomenul de cavitație, care este unul din factorii ce limitează domeniul de aplicație al diferitelor tipuri de turbine. El este inamicul cel mai de seamă al tuturor construcțiilor hidraulice și în special al mașinilor hidraulice. Tipul de turbină hidraulică, la care se aplică mai mult cele arătate mai sus este tipul axial, Kaplan.

Tipul de turbină Kaplan prezintă mari avantaje în cazul căderilor mici și debitelor mari. Curba de garanție $\eta = f(N)$ a acestor turbine având o alură foarte favorabilă, se caută a se utiliza astfel de turbine la căderi din ce în ce mai mari.

Înălțimea de cădere, la care se pot utiliza astfel de turbine, este limitată de apariția fenomenelor de cavitație.

Intr'adevăr, turația turbinelor se poate scrie :

$$n = \frac{60}{\pi}\sqrt{\frac{\eta g H\left(1+\frac{tg\,\alpha}{tg\,\beta}\right)}{\frac{4Q}{\pi\psi\sqrt{2g\Delta H}}}} = \text{ctă}\,\frac{H^{3/4}\Delta^{3/4}}{Q^{1/2}} = n_{11}Q_{11}^{1/2}\frac{H^{3/4}}{Q^{1/2}}$$

Se observă de aici că turația turbinelor Kaplan, care funcționează în general la căderi mici și debite mari, depinde de coeficientul

$$\Delta = \frac{V_2^2}{2g\,H_n}.$$

In general, pentru soluții economice, se cere o turație mare, deci un Δ mare. Insă acest coeficient la rândul lui influențează coeficientul critic de cavitație, σ_{cr}.

$$\sigma_{cr} = \eta_a\,\Delta + U_{p\,max}\,\lambda_\infty^2\ ;\quad \eta_a = \frac{\frac{V_2^2}{2g} - h_p}{\frac{V_2^2}{2g}}$$

$$\text{și}\ \lambda_\infty = \frac{W_\infty}{\sqrt{2g\,H_n}}$$

care se mai poate scrie :

$$\sigma_{cr} = \frac{\frac{\text{pat}}{\gamma} - H_a}{H_n}.$$

In cazul când Δ are valori mari, deci σ_{cr} este mare, rezultă o sarcină de aspirație H_a negativă.

$$H_a = \frac{\text{pat}}{\gamma} - \sigma H_n.$$

O sarcină negativă mare înseamnă o construcție neeconomică a centralei sau în unele împrejurări chiar imposibilă.

De exemplu, să presupunem că, coeficientul calculat σ_{cr} are valoarea $\sigma_{cr} = 1{,}8$ și sarcina $H_n = 60$ m. Pentru sarcina de aspirație admisibilă, rezultă $H_a = 10{,}33 - 1{,}8 \cdot 60 = -97{,}67$m, deci — pentru ca turbina să poată funcționa

fără ca fenomenul de cavitație să-și facă apariția — va trebui ca rotorul turbinei să fie așezat la 97,67 m sub nivelul din aval al apei, deși căderea totală disponibilă este numai de $H_n = 60$ m.

Valoarea coeficientului critic de cavitație depinde, după cum se vede din expresia de mai sus, nu numai de coeficientul Δ, care influențează în mare măsură turația n a turbinei și are valorile maxime cunoscute de $\Delta_{max} = 0{,}5$, ci și de coeficientul de repartiție a presiunilor pe profilul paletei în zona cea mai periculoasă K_{pmax}.

Coeficientul $K_{pmax} = 1 - \left(\frac{W_{max}}{W_\infty}\right)^2$ depinde în mare măsură și de forma profilului. Astfel, în cazul când din motivele expuse mai sus se consideră valori mari pentru Δ, trebue cercetate în mod special profilele din care se compune paleta, pentru ca, coeficientul K_{pmax} să aibă valoarea minimă. Problema aceasta se rezolvă în mod practic printr'o cercetare simultană, teoretică și experimentală în laborator a diferitelor profile, din care se compune paleta rotorului turbinei Kaplan.

In cazul tuturor turbinelor, problema cea mai importantă este aceea a regulării lor. Orice mașină producătoare de energie trebue să-și mențină turația în anumite limite foarte bine determinate, indiferent de încărcarea mașinii. Atâta vreme cât cuplul motor $C_m = C_r$, respectiv puterea produsă este egală cu puterea cerută de rețeaua electrică, nu există niciun motiv ca turația să varieze.

$$I \frac{d\omega}{dt} = C_m - C_r = 0\,; \quad \omega = \text{const.}$$

In general, cuplul rezistent respectiv încărcarea mașinilor variază incontinuu în limite foarte mari. Pentruca în aceste împrejurări turația să se mențină constantă, este nevoie de un aparat de regulare la toate mașinile producătoare de forță. Sistemul de regulare la turbinele hidraulice este cu mult mai complicat decât la alte mașini, deoarece sistemul de regulare trebue să acționeze asupra apei, care este un fluid cu o inerție considerabilă. Un astfel de sistem de regulare complex prezintă un avantaj important, în sensul că diferitele funcțiuni ale lui pot fi variate în limite foarte largi, cum este de exemplu : statismul, gradul de neregularitate (care poate fi variat dela 0 până la valoarea maximă dorită), readucerea, stabilitatea (care poate fi foarte ușor influențată), punerea în paralel, automatizarea, etc.

Dacă în cazul turbinelor de putere mare sistemul de regulare din punctul de vedere al costului nu reprezintă un procent prea mare din costul total, în cazul turbinelor sau grupurilor de putere mai mică, adeseori costul sistemului de regulare este de același ordin de mărime cu al grupului. Din acest motiv, la turbinele de putere relativ mică se pune tot mai mult problema simplificării sistemului de regulare.

In cazul turbinelor Kaplan cu paletele rotorului mobile (fapt care face ca ele să prezinte avantaje deosebite) sistemul de regulare este complicat, din cauza construcției necesare la rotirea paletelor rotorului, în concordanță cu mișcarea paletelor rotorului, atunci când încărcarea turbinei variază.

Pentru simplificarea turbinei Kaplan s'au realizat turbine de acest tip cu paletele statorului fixe și rezultatele obținute au arătat că astfel de turbine se comportă ceva mai bine decât turbinele Kaplan cu paletele rotorului fixe. Imbunătățirea funcționării se poate obține numai prin mobilitatea simultană a ambelor sisteme.

O îmbunătățire s'a adus prin turbinele numite autoregulatoare, la care unul din sistemele mobile (rotor stator) se acomodează în mod automat la poziția corespunzătoare randamentului optim.

In cazul când paletele rotorului sunt acelea care se acomodează în mod automat la poziția paletelor statorului, este important să aflăm pentru axul de rotație al paletelor rotorului, o astfel de poziție încât rezultanta forțelor care acționează asupra profilului să tindă să așeze paletele la un unghiu care asigură randamentul maxim pentru poziția corespunzătoare a paletelor statorului.

Momentul forțelor hidraulice este echilibrat de forța transmisă paletei de către pistonul unui mecanism special plasat în butucul rotorului. In figura 1 se poate vedea schema forțelor la o turbină autoregulatoare.

Dacă suprafața pistonului este S și presiunea p, condiția de echilibru este : $S \cdot p \cdot b = R.d.$

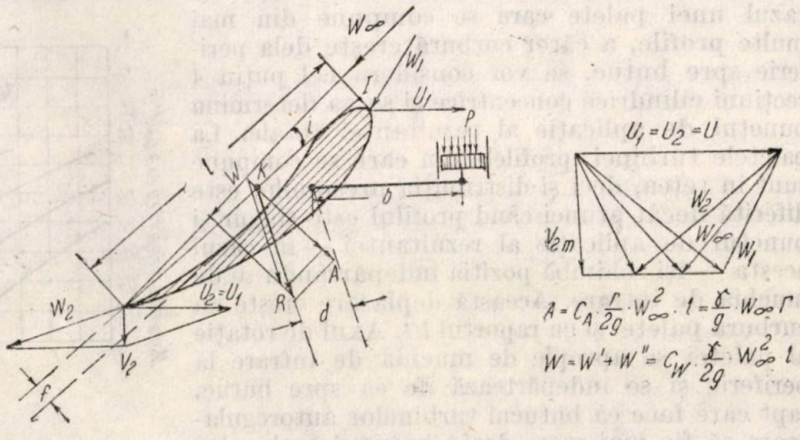


Fig. 1

Se observă că pentru echilibru are o deosebită importanță poziția punctului de aplicație al rezultantei R. La profilele uzuale în construcția turbinelor, acest punct depinde

de unghiul de incidență i și curbura f a profilului (fig. 2).

Pentru incidențe mici ($4^0 \ldots 9^0$) normale în cazul turbinelor, punctul de aplicație K al

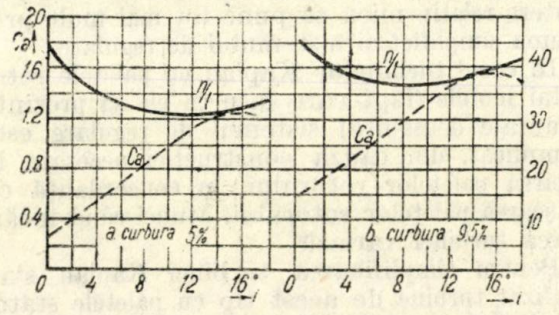


Fig. 2

rezultantei rămâne aproximativ constant. Legea după care variază poziția punctului de aplicație cu curbura profilului a fost stabilită pe baza unei serii de măsurători pe profile de curburi diferite și este de forma :

$$\frac{IK}{l_{min}} = 0{,}25 + 1{,}25\ f/l \quad \text{(fig. 3)}$$

Pentru un profil cu curbura medie de 8%, punctul de aplicație al rezultantei este situat

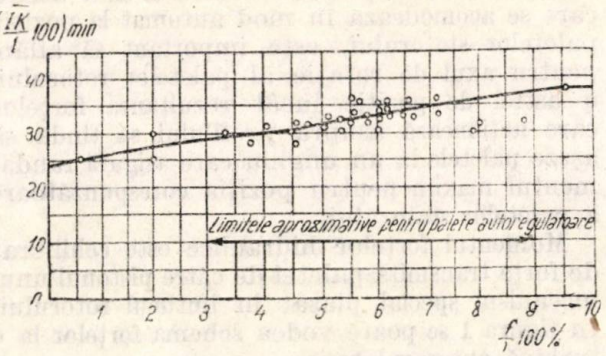


Fig. 3

la o distanță egală cu 35% din lungimea l a corzii, măsurată dela muchia de intrare. In cazul unei palete care se compune din mai multe profile, a căror curbură crește dela periferie spre butuc, se vor considera cel puțin 4 secțiuni cilindrice concentrice și se va determina punctul de aplicație al rezultantei totale. La paletele turbinei, profilele din care se compune sunt în rețea, deci și distribuția presiunilor este diferită decât atunci când profilul este singur și punctul de aplicație al rezultantei — în cazul acesta — își schimbă poziția îndepărtându-se de muchia de intrare. Această deplasare crește cu curbura paletei și cu raportul l/t. Axul de rotație al paletei se apropie de muchia de intrare la periferie și se îndepărtează de ea spre butuc, fapt care face ca butucul turbinelor autoregulatoare să fie mai mare decât butucul turbinelor Kaplan obișnuite.

La încercările făcute pe modele de astfel de turbine s'au constatat următoarele :

1. Paletele rotorului se mișcă în concordanță cu paletele statorului. Faptul acesta este ușor de înțeles pentrucă, prin deschiderea paletelor statorului, crește unghiul de incidență la paletele rotorului și odată cu el crește forța portantă, iar punctul de aplicație al rezultantei se deplasează spre muchia de ieșire a paletei și deci momentul hidraulic va tinde să rotească paletele rotorului spre deschidere. Paletele se rotesc până când — din cauza micșorării unghiului de incidență — se atinge o nouă poziție de echilibru, adică momentul hidraulic a devenit egal cu momentul creat de mecanismul de echilibrare. La turbinele autoregulatoare, mișcarea paletelor rotorului se face simultan cu mișcarea paletelor statorului pe când la turbinele Kaplan obișnuite paletele rotorului se mișcă de 4—5 ori mai încet decât paletele statorului.

2. Prin alegerea corectă a formei paletei și a poziției axului de rotație, la turația normală se poate realiza un moment hidraulic aproape constant, care asigură rotația spre deschiderea în toate regimurile de funcționare ca turbină Kaplan (fig. 4) unde $\beta = \beta_\infty - i$, α deschiderea statorului la turația n = const. Punctele A, B, C, D, E, F, — aproape colineare corespund regimului Kaplan la n = const — deci momentul hidraulic în raport cu axul paletei poate fi echilibrat singur de momentul creat de mecanismul de echilibrare. In cazul când sarcina H variază, va varia și momentul hidraulic deci va trebui să varieze și momentul de echilibrare, fapt care se poate realiza prin variația presiunii p.

3. La pornirea turbinei apare o tendință puternică de deschidere a paletelor rotorului.

4. In cazul când turbina se ambalează, paletele se deschid puternic, deoarece unghiul de incidență se micșorează mult și — odată cu el — se micșorează și momentul. Crescând viteza tangențială, crește și viteza relativă și odată cu ea crește și forța care dă momentul hidraulic spre deschidere, aceasta fiind proporțională cu patratul vitezei relative. Este ușor de înțeles că tendința de deschidere la ambalare este cu atât mai mare cu cât numărul paletelor rotorului va

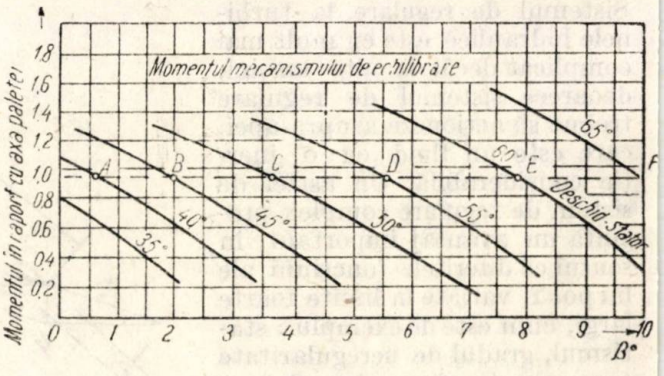


Fig. 4

fi mai mare, pentrucă forța care dă momentul este proporțională și cu suprafața paletelor.

Un tip de turbină autoregulatoare de N = = 10 000 CP la H = 18,6 m și n = 200 t/min se poate vedea în figura 5.

In cazul acestor turbine, pentru a se evita pericolul ruperii coloanei de apă din tubul de aspirație la descărcare bruscă datorită închideri

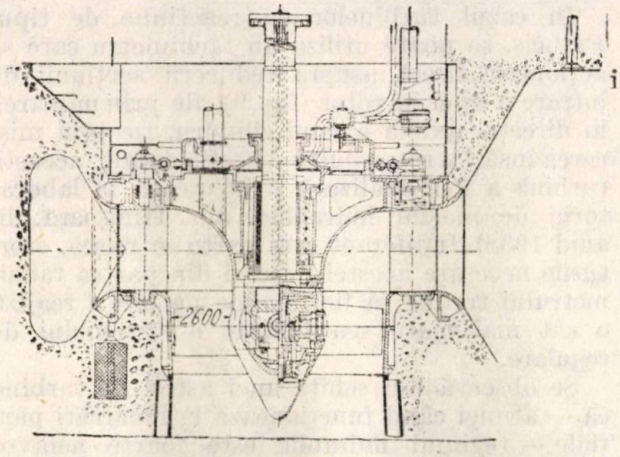


Fig. 5

rapide a paletelor autoregulatoare, se prevede o instalație pentru aspirarea aerului cu supape automate (fig. 6).

Această instalație trebue să permită introducerea aerului atât după paletele statorului în

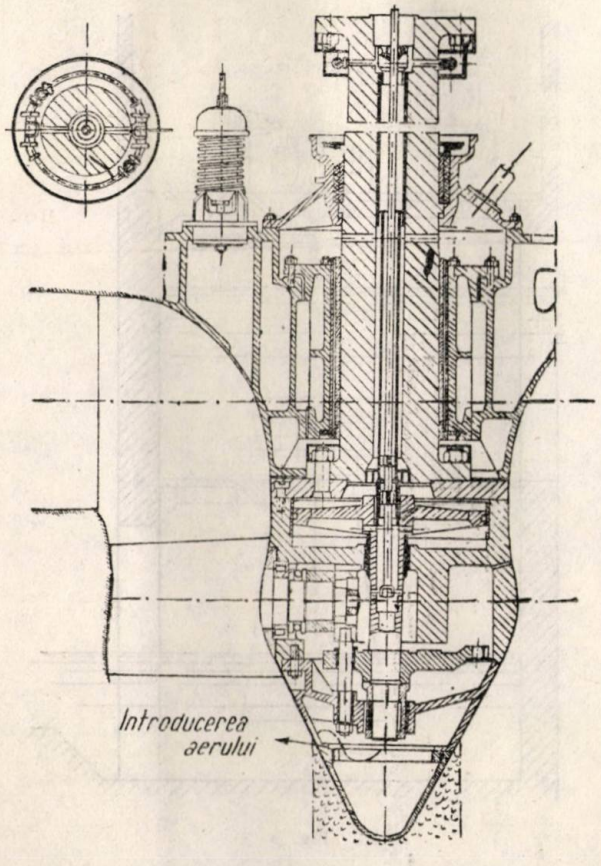


Fig. 6

coroana turbinei, cât și după paletele rotorului prin butuc. Aceste supape trebue astfel reglate, încât să se deschidă la o depresiune de 5 m coloană de apă. Prin introducerea aerului în aceste locuri — în cazul când își face apariția o depresiune — se îmbunătățește funcționarea turbinei atât din punct de vedere al randamentului, cât și din punct de vedere al evitării fenomenului de cavitație, cu toate consecințele lui dăunătoare. O altă rezolvare a acestei probleme a fost dată de inginerul sovietic C. I. Nesâtov. Pentru rotirea paletelor rotorului în jurul axului lor, Nesâtov folosește deformațiile elastice de torsiune ale unei bare rotunde (fig. 7).

Din figura 7 se poate observa că arborele turbinei, la partea lui superioară, este găurit pe o distanță oarecare. In această gaură, se introduce o bară rotundă din oțel superior care lucrează la torsiune. Lungimea barei se alege în așa fel ca unghiul de deformare când se transmite momentul total de torsiune al turbinei să fie apropiat de unghinl de rotire al paletelor rotorului ($20^0 \ldots 25^0$); montajul este astfel făcut încât bara este solicitată numai de momentul de torsiune. La capătul arborelui găurit este montată o roată dințată conică, care se angrenează cu sectoarele dințate fixate rigid pe axele paletelor rotorului. Când turbina lucrează în gol, momentul de torsiune de pe palete este nul, bara elastică este liberă de momentul exterior (bara are o torsiune inițială creată în mod artificial), paletele rotorului sunt fixate sub un unghi de 15^0. Când crește încărcarea generatorului, crește și puterea turbinei prin deschiderea statorului. Momentul de torsiune crește și bara elastică se deformează, provocând rotirea paletelor rotorului spre deschidere (datorită mișcării relative a barei față de arbore). Unghiul de deformare al barei elastice este dat de relația :

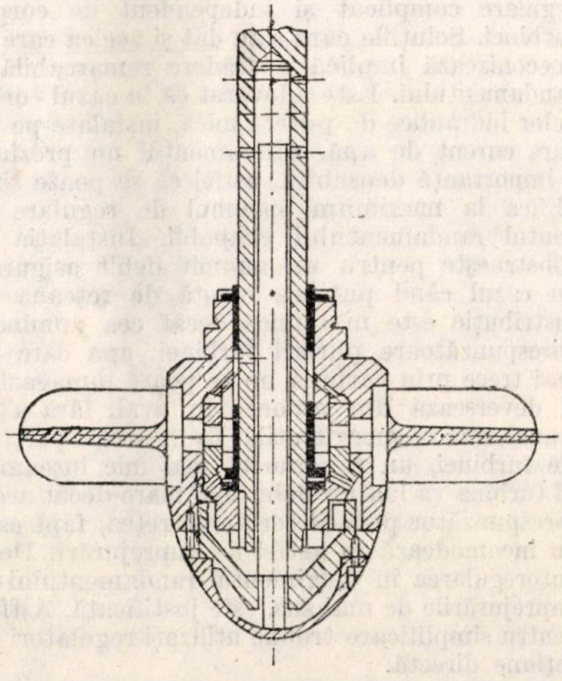


Fig. 7

$$\theta = \frac{180\ M_t l}{\pi\ G\ I}.$$

Unghiurile de rotire ale paletei sunt proporționale cu unghiurile de torsiune și deci proporționale cu încărcarea turbinei.

La aceste turbine, în cazul descărcărilor bruşce, îşi pot face apariția oscilații elastice ale barei şi deci ale paletei. Aceste oscilații se pot înlătura printr'o bună alegere a dimensiunilor barei elastice sau prin utilizarea unui amortizor.

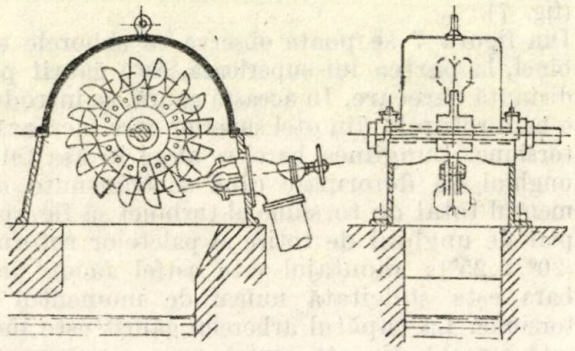


Fig. 8

La acest tip de turbină nu se poate varia independent puterea după o anumită lege, deaceea debitul şi turația unei astfel de turbine trebue supuse unei reglări simultane.

Autoregularea prezintă o importanță deosebită în cazul turbinelor mici, unde un sistem de regulare obişnuit este prea scump față de costul total al turbinelor.

Autoregularea, în cazul acesta, trebue să elimine existența unui sistem sau aparat de regulare complicat şi independent de corpul turbinei. Soluțiile care s'au dat şi acelea care se preconizează implică o scădere remarcabilă a randamentului. Este adevărat că în cazul turbinelor hidraulice de putere mică, instalate pe un curs curent de apă, randamentul nu prezintă o importanță deosebită, astfel că se poate simplifica la maximum sistemul de regulare în contul randamentului grupului. Instalația se construeşte pentru un anumit debit asigurat. In cazul când puterea cerută de rețeaua de distribuție este mai mică decât cea nominală corespunzătoare puterii tnrbinei, apa care nu mai trece prin turbină nu se poate înmagazina şi deversează din amonte în aval, fără a se transforma în energie utilă. La încărcări parțiale ale turbinei, un randament mai mic înseamnă că turbina va lua un debit mai mare decât acela corespunzător puterii cerute de rețea, fapt care nu incomodează în astfel de împrejurări. Deci, autoregularea în detrimentul randamentului în împrejurările de mai sus, este justificată. Astfel, pentru simplificare trebue utilizați regulatori cu acțiune directă.

In cazul turbinelor cu acțiune de tipul Pelton, se poate realiza autoregularea cu ajutorul unui tachimetru montat pe arborele turbinei, care să acționeze direct — fie asupra deflectorului, bine studiat pentruca eforturile necesare mişcării lui să fie cele mai mici posibile, fie direct asupra rotorului turbinei, deplasându-l axial în limite foarte mici (fig. 8). In cazul al doilea, s'ar putea studia forme speciale de palete pentru rotor, care să mărească sensibilitatea sistemului de regulare.

In cazul turbinelor cu reacțiune de tipul Francis, se poate utiliza un tachimetru care să acționeze direct asupra reducerii secțiunii de intrare a apei în rotor (fig. 9), fie prin mişcarea în direcția axială a unui cilindru, fie prin mişcarea însăşi a rotorului în direcția axială (această turbină a fost realizată şi încercată în laboratorul de maşini hidraulice din Timişoara, în anul 1938). Indiferent care parte se mişcă, eforturile necesare acestei mişcări din partea tachimetrului trebue să fie minime pentru a realiza o cât mai mare sensibilitate a sistemului de regulare.

Se observă din schița unei astfel de turbine că — atunci când funcționează la încărcări parțiale — regimul hidraulic este foarte nefavorabil, ceeace înseamnă pierderi importante, adică un randament redus.

La turbinele de tipul Kaplan, automatizarea se poate realiza în condiții mai bune, din punct de vedere al randamentului, decât la celelalte tipuri de turbine. Turbinele de acest tip sunt

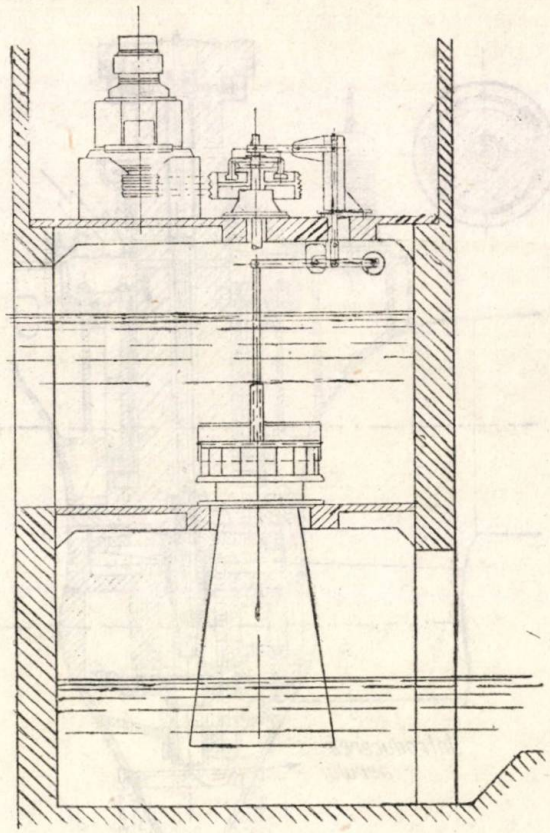


Fig. 9

potrivite pentru debite mari şi sarcini mici cu o turație destul de mare. Ele se pretează mai bine la electrificarea rurală pe bază hidraulică. Construcția lor este relativ simplă: statorul cu paletele fixe axiale, iar rotorul cu paletele mobile în jurul axului lor.

La aceste turbine, pentru o stabilitate mai mare în funcţionare, este nevoie şi de un volant GD^2, dat de relaţia :

$$GD^2 = 150\,000 \frac{\left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2 N_{max}\ T_s}{\left(\frac{\Delta n}{n_{max}}\right)^{n^2}} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

unde $\frac{\Delta N}{N} = 1$ cazul extrem, T_s timpul de închidere în secunde şi $\frac{\Delta n}{n_{max}}$ variaţia maximă de turaţie admisă în cazul perturbaţiei considerate.

Paletele rotorului se construesc din profile aerodinamice cu caractersiticele bine cunoscute, şi astfel fixate pentru realizarea paletei, încât punctul de aplicaţie al rezultantei să se mişte cât mai puţin posibil, în cazul când paleta se roteşte în jurul axului ei. Cu alte cuvinte, momentul hidraulic să fie cât mai mic şi pe cât posibil constant pentru diferitele poziţii ale paletei. In cazul acesta, efortul necesar rotirii paletelor este mic şi un tachimetru relativ mic poate face faţă cu sensibilitatea admisă de o bună funcţionare a centralelor electrice.

Tachimetrul poate fi plasat pe volant şi transmiterea mişcării la paletele rotorului să se facă hidraulic.

In toate cazurile de turbine mici, regularea se poate face şi prin cuplul rezistent constant

$$I \frac{d\omega}{dt} = C_m - C_r$$

$$C_m = C_r \qquad \omega = \text{const.}$$

adică, cu ajutorul unui tachimetru, să se introducă sau scoată rezistenţe din circuitul de utilizare, după cum puterea cerută de reţea este mai mică sau mai mare. Turbina, în acest caz, ar funcţiona tot timpul la încărcare constantă.

Rezistenţa introdusă în circuit poate fi folosită pentru încălzirea apei, etc.

O astfel de instalaţie, construită în cadrul laboratorului de maşini hidraulice Timişoara, este în funcţiune pe canalul navigabil Bega.

Problema hidroturbinelor autoregulatoare mari şi mici este mai actuală ca oricând.

Deci, pentru unităţile mari, autoregularea şi apoi automatizarea prezintă soluţiile pe care trebue să le realizăm cât mai repede. Deasemenea, turbinele mici autoregulatoare prezintă soluţia care poate ajuta în mare măsură electrificarea ţării, prin utilizarea tuturor resurselor energetice.

Bibliografie

1. *Prof. V. S. K. Niatkovski* : Malie hidroturbine, 1950.
2. *A. A. Morozov* : Utilizarea energiei apelor.
3. *N. K. Kuznefov* : Centrale hidroelectrice, 1951.
4. *L. S. Smirgliakov* : Turbine axiale pentru centrale electrice folosite în gospodăriile agricole, 1952.

★

САМОРЕГУЛИРУЮЩИЕСЯ ГИДРОТУРБИНЫ

Резюме

До сих пор в отрасле гидравлических машин, важным и неполностью решенным вопросом является их регулирование и в особенности саморегулирование. Для больших гидротурбин типа Каплан достигнуты некоторые значительные успехи в этом направлении на основе предложений инж. Несытова. Для малых гидротурбин всех типов намечнны методы и конструкции для обеспечения наипростого и самого экономичного саморегулирования.

PROBLEMELE AUTOMATIZĂRII CENTRALELOR HIDROELECTRICE LUCRÂND IN CASCADĂ

Ing. M.PODANI
Aspirant Institutul Energetic Molotov

Articolul de față expune câteva din problemele specifice ale automatizării centralelor hidroelectrice lucrând în cascadă, arătându-se superioritatea tehnico-economică a automatizării. Se indică metoda de determinare a timpului de amortizare a centralei hidroelectrice de putere mică sau mijlocie care va fi automatizată, în legătură cu aceasta indicându-se câteva cifre reper obținute din practica sovietică. Ultima parte cuprinde expunerea criteriilor de alegere a centralei dispatcher și câteva probleme specifice telecomenzii cascadei de centrale hidroelectrice.

Automatizarea proceselor de producție joacă un rol deosebit de important în înlăturarea deosebirilor dintre munca fizică și cea intelectuală. Deaceea în condițiile socialismului acestei probleme i se acordă o atenție tot mai mare.

Inainte de a trece la problemele specifice hidrocentralelor lucrând în cascadă, este necesară o scurtă analiză a avantagiilor tehnicoeconomice ale automatizării hidrocentralelor privite din punct de vedere al economiei naționale.

In prezent în Uniunea Sovietică nici o nouă centrală hidraulică, dela cele colhoznice până la cele mai mari, nu se proiectează neautomatizată.

Din experiența mai multor ani de exploatare a unei serii de hidrocentrale cu diferite grade de automatizare, rezultă clar superioritatea lor asupra celor comandate manual. Iată câteva din cele mai importante avantagii ale automatizării centralelor hidroelectrice :

1) Creșterea producției de energie prin mărirea randamentului căderii utile și a stocului folosit. Aceasta se obține prin distribuirea optimă a puterii între agregate pentru mărirea randamentului general, păstrarea căderii maxime când variază debitul prin reglarea puterii după debitul disponibil, etc.

2) Reducerea cheltuelilor anuale de exploatare prin micșorarea numărului personalului, scăderea consumului intern, etc.

3) Investițiile în construcțiile auxiliare, clădirea centralei și locuințe pentru personal se reduc simțitor în special în cazul hidrocentralelor de putere mică și mijlocie.

4) Micșorarea pierderilor de producție la consumatori datorită reducerii numărului și duratei avariilor. In unele industrii o oprire de numai câteva secunde din lipsa de energie duce la pierderi însemnate.

5) Imbunătățirea calității energiei electrice prin menținerea constantă a frecvenței, tensiunii și prin distribuirea puterii reactive (utilizarea agregatelor de rezervă în calitate de compensatori sincroni).

6) Reducerea rezervei turnante.

7) Prelungirea termenului de exploatare a aparaturii electromecanice și a părții hidromecanice.

8) Ușurarea muncii personalului prin simplificarea manevrelor, comanda agregatelor și în general ridicarea nivelului deservirii.

Câteva cifre din practica proiectării și exploatării hidrocentralelor automatizate vor ilustra aceste avantagii. Trebue să specificăm însă că aceste cifre variază în funcție de tipul și puterea agregatelor precum și de schema de amenajare. In cele ce urmează sunt date cifrele corespunzătoare hidrocentralelor de tipul derivație și căderi mari, lucrând în cascadă, așa cum sunt în majoritate la noi.

In legătură cu creșterea producției de energie ca rezultat al creșterii randamentului, a căderii utile și stocului, coeficientul de utilizare a debitului crește cu 3—5%, prin folosirea diferitelor tipuri de regulatori după debitul disponibil și după cădere (vezi pct. 5).

Randamentul la hidrocentralele automate este cu 5—8% mai ridicat prin menținerea regimului optim constant. Se evită comanda agregatelor „după simț" deci în mod subiectiv.

Reducerea timpului de pregătire și cuplare a agregatelor în rețea devine simțitoare, fapt ce aduce un dublu avantaj, economie de apă care e deosebit de importantă la centralele de mare cădere și avantagii în cazul avariei în sistem. Astfel în loc de 8...12 min. în cazul comenzii manuale, acum sunt suficiente pentru pornire (înglobând și sincronizarea) numai 1,5...2,5 min. în funcție de mărimea agregatului. La oprire nu e nevoe de mai mult decât 0,1 s ceeace e foarte important în cazul avariilor.

Prin trecerea la autosincronizare, timpul necesar pornirii se reduce și mai mult ; acest sistem însă are desavantajul că produce oscilații de curent în rețea.

La centralele automate cu punct local de comandă personalul se reduce în proporție de 60...70% iar la cele telecomandate sau cu autooperator reducerea este de 80...90%. O reducere similară se obține și în cazul așa numitului „serviciu la locuință". La centralele mici și mijiocii aceste reduceri au o foarte mare greutate specifică în bilanțul economic al centralei.

Cheltuelile de exploatare se reduc în afara de salariul personalului și prin scăderea consumului intern, care devine cu 20% în medie mai mic.

Investițiile inițiale se micșorează datorită simplificării construcțiilor, a clădirii centralei (nu mai e necesar pupitrul de comandă separat) precum și prin reducerea suprafeței de locuit pentru personal.

Costul aparatajului necesar automatizării complete a unei centrale de putere medie, reprezintă 4...5% din costul aparatajului electromecanic.

Timpul de amortizare este în medie de 5...7 ani, pe când timpul general de amortizare a întregii construcții variază între 18...30 ani, pentru centralele mai sus amintite.

In privința avariilor, reducerea acestora din cauza personalului reprezintă 80...85%, în timp ce incorecta acționare a aparatajului de automatizare, după datele statistice sovietice reprezintă 0,1...0,2% din totalul avariilor deja simțitor reduse.

O condiție esențială ce trebue îndeplinită de către sistemul energetic este alimentarea fără întrerupere a consumatorilor. Aceasta îndeosebi în cazul consumatorilor industriali cum sunt întreprinderile metalurgice, textile, miniere, etc. Pentru fiecare din aceste întreprinderi putem afla pierderea de producție corespunzătoare unui kWh adică lei/kWh.

Astfel prin introducerea automatizării vom avea un beneficiu în economia națională prin reducerea frecvenței și duratei avariilor.

O parte din avantagiile mai sus enumerate pot fi exprimate numeric destul de ușor. Altele sunt evaluate mai greu din lipsa datelor din practică, iar unele nici nu pot fi reprezentate numeric, cu toată importanța deosebită pe care o au în condițiile socialismului.

Dacă notăm cu p (lei/kWh)prețul de cost al energiei furnizate de hidrocentrala sau cascada respectivă, atunci beneficiul pentru economia națională ca rezultat al introducerii automatizării și după intrarea în funcțiune a centralei poate fi exprimat prin următoarea egalitate :

$$B = p\,(\Delta W_{\eta} + \Delta W_{pornire} + \Delta W_{c.i}) + C_{prod.}\,\Delta W_{avarie} + \Delta k_{an} \text{(lei)}$$

unde avem :

B (lei) = beneficiul anual pentru economia națională

ΔW_{η} = surplusul anual de energie prin creșterea randamentului, a căderii utile, debitului utilizat, etc. (kWh)

$\Delta W_{pornire} = n.k.Q_{.m.g}\,\Delta t.H_{med}$ = surplusul de energie datorit reducerii pierderilor de apă la pornire, dacă în decursul unui an avem n pornire cu durata $\Delta t = 8 - 2 = 6$ min. (diferența față de pornirea fără automatizare)

$Q_{.m.g.}$ = debitul de mers în gol.

H_{med} = căderea medie anuală

Valoarea lui „$\Delta W_{pornire}$" devine considerabilă în cazul centralelor cu debite mici și căderi mari și mai ales când avem acumulare pentru acoperirea vârfurilor de sarcină.

$\Delta W_{c.i.}$ = reprezintă economia de energie la consumul intern.

$C_{prod.}$ = costul producției neprelucrate datorită lipsei energiei electrice, exprimată în lei/kWh (1...10 lei/kWh).

Δk_{an} = reprezintă economia realizată prin reducerea personalului și prin micșorarea unor investigații datorită simplificării construcțiilor, a clădirii centralei, etc.

ΔW_{avarie} = surplusul de energie datorit reducerii numărului și duratei avariilor.

După cum am văzut mai sus, factorul $C_{prod.}\,\Delta W_{avarie}$ variază în funcție de tipul consumatorului (importanța) precum și dacă hidrocentrala sau cascada lucrează în sistem sau e singurul izvor de energie pentru industria respectivă.

Ecuația de mai sus poate fi numită „ecuația rentabilității". In fiecare caz concret, factorii care o compun pot fi exprimați numeric precis.

O altă grupă de factori o avem în perioada de construire. Se știe că pentru centralele hidroelectrice de medie putere, timpul necesar construcției se reduce simțitor datorită simplificării construcțiilor auxiliare și a centralei, (care cer mult timp).

In cazul centralelor mici și mijlocii e necesar a compara costul automatizării cu costul general al centralei.

Pentru aflarea timpului de amortizare a centralei hidroelectrice în cazul aplicării automatizării, și fără aceasta e necesar a face bilanțul investițiilor și cheltuelilor ca și în cazul comparării unei centrale termoelectrice cu una hidroelectrică.

Avem :

$$I_{ant} + K_{ant}\,T = I_m + K_m\,T \text{ de unde}$$

$$T = \frac{I_{ant} - I_m}{K_m - K_{ant}} \text{ (ani).}$$

Notațiile sunt :

I_{ant} = investițiile inițiale în centrala hidroelectrică de putere mică sau mijlocie în cazul că va fi automatizată.

I_m = în cazul comenzii manuale.

K_{ant} și K_m = cheltuelile anuale la centrala automatizată și neautomatizată. Aci se înglobează cheltuelile de exploatare mai sus amintite.

Ecuația de mai sus poate fi ușor reprezentată grafic.

Trebue remarcat că avantagiile legate de simplificarea și eftinirea aparatajului și construcțiilor se asigură numai în cazul că aplicarea automatizării se face odată cu construirea centralei iar nu după ce aceasta a intrat în funcțiune.

De multe ori automatizarea centralelor în funcțiune nu este justificată economic.

In unele proecte se prevede posibilitatea pentru trecerea dela comanda automată la cea manuală permanentă. Acest lucru deasemenea nu este justificat din punct de vedere economic și practica dovedește că nu e necesar o asemenea „prevedere".

In privința repartizării fondurilor necesare pentru realizarea automatizării trebue remarcat procentajul mare luat de lucrările de montaj și reglare.

Pentru automatizarea unei centrale de cca 10 000 kW cu un singur agregat avem următoarea repartiție :

aparataj	45%
proectare	10%
materiale	10%
montaj-reglare	35%

In prezent, utilizarea resurselor hidraulice se realizează prin construirea cascadei de centrale hidroelectrice, care asigură folosirea maximă a resurselor.

In cazul cascadei de hidrocentrale, problema automatizării devine o chestiune centrală, dat fiind faptul că regimul de lucru al elementelor cascadei este complex și avem interdependența multor factori.

Criteriile de automatizare a hidrocentralelor lucrând în cascadă, în special a celor de tip derivație și căderi mari, nu sunt suficient de tratate în literatura de specialitate și se rezolvă dela caz la caz destul de subiectiv. Aceasta datorită faptului că adeseori complexul de factori care influențează alegerea gradului și a schemei de automatizare a cascadei se contrazic. Distingem următoarele grupe principale de factori :

1) Condițiile hidroelectrice de pe râul respectiv și afluenți în care se ține seama de debitele afluente în punctele de captare ale uzinelor, precum și de efectul regularizator produs de centralele situate în amonte.

2) Factori legați de sistem, care condiționează regimul de lucru al centralelor, cum sunt : tipul și însemnătatea consumatorului, cererile irigației, transportului, alimentării cu apă, etc. și punctele unde acestea se cer.

3) Factori locali și topografici care condiționează schema de amenajare a cascadei, volumele rezervoarelor de acumulare, tipul construcțiilor hidrotehnice. Tot aci trebuesc incluse și condițiile de viață (insalubritate) deasemenea prezența centrelor populate.

Totalitatea acestor factori vor condiționa tipul construcțiilor hidraulice și aparatajul electro-mecanic (turbine, generator, etc.).

Planul de lucru al elementelor cascadei trebue să prevadă dubla legătură între regimul debitelor și căderilor pe de o parte și regimul puterilor pe de alta. Utilizarea cu eficacitate maximă a resurselor poate fi realizată numai prin centralizarea conducerii elementelor cascadei.

Acesta este rolul dispatcherului cascadei. Se știe că cele mai mici abateri dela regimul optim al unui element al cascadei aduce scăderea simțitoare a randamentului cascadei în întregime. Indeplinirea strictă a planului de lucru poate fi făcută numai pe calea automatizării și telecomenzii.

In afară de posibilitatea de dirijare centralizată a regimului cascadei, mai avem și avantajul concentrării conducerii administativo-economice și a conducerii tehnice într'un singur loc, unde vom avea laboratoare, ateliere și centre de studiu centralizate pentru întreaga cascadă și nu la fiecare element în parte. Datorită acestui fapt se reduce personalul tehnic și administrativ dar se cer cadre de calificare superioară.

Prin gruparea mai multor centrale hidroelectrice pe același râu, se favorizează aplicarea telecomenzii.

In fiecare cascadă de hidrocentrale, una sau mai multe vor juca rolul de centrale „dispatcher" având personal de serviciu continuu. Personalul acestor centrale în același timp cu comanda centralei proprii realizează și telecomanda restului hidrocentralelor care formează cascada. Din acest punct de vedere e de dorit ca centralele să fie automatizate cu același tip de aparataj și să fie echipate cu utilaj electromecanic cu caracteristici similare.

Alegerea centralei dispatcher depinde de rolul ei în cascadă. Ea trebue să satisfacă în general următoarele cereri :

1) să aibă o cât mai mare putere relativă

$$K = \frac{N}{N\Sigma \text{ cascada}}$$

2) Să dispună de un lac de acumulare cât mai mare pentru ca în cazul opririi forțate a altor elemente să poată acoperi temporar cererile sistemului.

3) E preferabil ca centrala dispatcher să se afle în partea superioară a cascadei pentru ca în felul acesta să influențeze prin regimul ei restul treptelor.

4) Să aibă rezervă de putere suficientă și agregate capabile de regim variabil.

Această din urmă condiție e necesară pentru a realiza acoperirea vârfurilor de sarcină de către însăși centrala dispatcher.

Dacă cascada se află în imediata apropiere a unui mare centru populat, e bine ca dispatcherul să fie instalat în centrul conducerii administrative, căci în acest caz e asigurat un control tehnico-organizatoric superior. La punctul central dispatcher se realizează însumarea puterii tuturor hidrocentralelor cascadei și se fac telemăsurătorile respective. Deasemenea aci se dau semnalele de avarie dela toate obiectele.

La un număr mare de elemente ale cascadei, problema simplificării schemelor și deci a măririi siguranței lor, trebue să fie în atenția proectanților. Fiecare simplificare a schemei de automatizare, dat fiind numărul mare de obiecte, poate da mari economii pentru cascada în întregime. In ultimul timp în proectarea schemelor la centralele mari din U.R.S.S. numărul aparatajului și al canalelor de legătură a fost mult redus. Astfel dacă în 1937 schema automatizării complete a unui agregat cerea în medie până la 55 de relee și contactoare, după zece ani acest număr a fost redus cu 40% și limita simplificărilor e desigur încă departe de a fi atinsă chiar pentru nivelul tehnic actual.

In privința automatizării părții hidrotehnice a elementelor cascadei, acesta este un capitol mare și nu poate fi cuprins aci. Trebue doar amintit că tendința actuală este de a descongestiona partea hidromecanică de complicația

schemelor electrice prin realizarea automatizării pe baza însăşi a regimului hidraulic (presiune, debit, viteză, etc.).

In concluzie putem spune că, date fiind avantagiile însemnate pentru economia naţională a utilizării automatizării hidrocentralelor şi în special a cascadelor de hidrocentrale, e necesar a fi pregătite cadre specializate în acest domeniu.

De asemenea pe baza vastei experienţe sovietice, pot fi puse şi la noi bazele unor institute de proectare şi construcţie a aparatajului necesar automatizării hidrocentralelor.

Bibliografie

Crasivschii S. P., Spulân N. A. şi *Saradjev A. H.*: „Automatizarea centralelor hidroelectrice" (1940).
Culegere de articole sub redacţia lui Balakirev: „Automatizarea şi telemecanizarea centralelor hidroelectrice" (1950).
Culegerea hidroenergo-proectului, ediţie electrotehnica No. 10/1948.
Nichitin S. N.: „Metodica calculelor hidroenergetice" (1949).
Bogomalov V. A.: „Regularizarea automată a puterii hidrocentralelor după debit" (1950).

★

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КАСКАДНЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Резюме

В настоящей статье излагаются некоторые специфические вооросы автоматизации каскадных гидроэлектростанций указываясь технико-экономическое преимущество автоматизации. Дается метод определения времени амортизации гидроэлектростанций малой и средней мощности, которая будет автоматизированна, и в связи с этим указываются некоторые ориентирующие цифры из советской практики. Последняя часть содержит изложение критериев выбора диспетчерской ГЭС и некоторые специфические вопросы телеуправления каскадом ГЭС.

TERMOENERGETICA

NOILE CONCEPŢII SOVIETICE ÎN CLASIFICAREA CĂRBUNILOR ŞI APLICAREA LOR ÎN R.P.R.

Ing. ILIE BARBU

In articolul de faţă, autorul după ce expune noile concepţii sovietice în domeniul clasificării cărbunilor, exemplificând cu huilele diferitelor bazine (Donet, Cuznetc, Caraganda), arată principiile care stau la baza alcătuirii unui proect de standard de clasificare a cărbunilor noştri, folosind ca model standardul sovietic, adaptat la condiţiile din R.P.R.

Zăcămintele de cărbuni formează o bogăţie de cea mai mare importanţă în economia unei ţări, iar exploatarea şi valorificarea raţională a combustibililor, deci şi a cărbunilor, este una din sarcinile de seamă ale unei economii planificate. Numeroase ramuri ale industriei sunt legate de industria cărbunelui şi legăturile dintre ele sunt atât de strânse, încât o simplă enumerare nu poate să dea imaginea exactă a complexităţii problemelor legate de exploatarea şi utilizareacărbunilor.

Mineritul de cărbune este strâns legat de problemele de *preparaţie* (spălare sau îmbogăţire). *Energetica* (producerea energiei electrice şi mecanice) concurează *chimizarea* cărbunelui — deşi în condiţiile create de cercetările cele mai înaintate, ele se complectează la utilizarea cărbunilor. *Siderurgia* este condiţionată de chimizarea cărbunelui pentru una din cele mai importante materii prime : cocsul, iar *industria chimică* (în special cea organică) nu este altceva decât o filiaţie directă a uzinelor cocsochimice. *Industria gazelor* de toate felurile (afară de cea a gazului natural) leagă de industria cărbunelui : *industria azotului, industria sulfului,* a *ceramicei* brute şi fine, a lianţilor de silicaţi, iar problemele căldurii şi combustiei se reîntâlnesc în toate ramurile industriale. *Transporturile* pe uscat sau pe apă, sunt tributare, pentru o bună parte din combustibilii lor, industriei cărbunelui. Intr'adevăr, aşa după cum spunea V. I. Lenin : *„Cărbunele este adevărata pâine a industriei"*.

Dar se vorbeşte în general de cărbune, de combustibili solizi, şi se face abstracţie de faptul că sub această denumire sunt cuprinse materiale, ale căror proprietăţi diferă foarte mult dela un zăcământ la altul şi care adeseori diferă chiar în acelaşi zăcământ dela strat la strat şi din loc în loc.

Pentru a face totuşi o oarecare ordine şi catalogare în acest domeniu atât de vast, s'au încercat diferite sistematizări utilizând pe rând aspectele şi proprietăţile diferite ale cărbunilor. Incă dela începutul utilizării combustibililor solizi minerali (cărbuni), aspectul lor a dat naştere la o clasificare naturală în :

— turbe ;
— cărbuni bruni sau de pământ (inclusiv ligniţii) ;
— huile sau cărbuni de piatră ;
— antracit.

Această sistematizare simplă a corespuns cu un anumit grad de desvoltare a utilizării cărbunilor, dar odată cu desvoltarea industriei și a tehnicei a devenit cu totul insuficientă. S'au introdus dealungul anilor clasificații variate, bazate pe criterii care aveau în vedere :

— origina (materia genetică) cărbunilor ;

— comportarea fizico-chimică a cărbunilor ;

— constituția petrografică și paleobotanică a cărbunilor.

Nu se vor analiza mai pe larg în articolul de față diferitele sisteme și criterii de clasificare, căci acestea diferă după cercetători și mai ales după felul cărbunilor din țara respectivă. Astfel, în clasificarea propusă în S.U.A., nu se găsește un echivalent pentru cărbunii bruni pământoși, iar în cea propusă de Congresul din Canada, turba este exclusă dintre cărbuni.

Clasificările științifice și tehnice ale cărbunilor au o mare importanță deoarece permit — pe baza unei cunoașteri sistematice — identificarea cărbunilor și deci o utilizare corespunzătoare proprietăților lor.

Din punct de vedere industrial, proprietățile cărbunilor determină utilizările lor și din acest motiv au cea mai mare importanță acele clasificări, care se bazează pe proprietățile care intervin în timpul întrebuințării cărbunilor.

Concepții sovietice de clasificare a cărbunilor

In Uniunea Sovietică, una din primele clasificări s'a făcut încă din anul 1929 pentru cărbunii care se exploatează în Bazinul Donețului.

Tabela 1

Clasificarea tehnică a huilelor din Bazinul Donet

Denumirea sorturilor de cărbune	Simbol	Proporția de materii volatile la masa combustibilă V^c %	Proprietățile subprodusului nevolatil
Cu flacără lungă	*D*	peste 42	Necocsificabil sau aglutinant
De gaz	*G*	35—44	Aglutinat, topit, uneori umflat (afânat)
Grași de focar .	*PJ*	26—35	Aglutinat, topit, compact sau potrivit de compact
De cocs	*K*	18—26	Idem
De focar cocsificabili	*PS*	12—18	Aglutinat sau topit dela compact la compact potrivit
Slabi	*T*	8—17	Necocsificabil sau aglutinat
Antracit	*A*	sub 8	Nu se aglutinează

Această clasificare mai este și astăzi în vigoare. Precum se vede din tabel, ea se bizue pe două caracteristici de bază : randamentul de materii volatile și aspectul cocsului rămas în creuzet.

Tabela următoare dă analiza elementară a diferitelor sorturi de cărbuni din Bazinul Donețului, prezentând — pe lângă procentele de greutate — și procentele atomice ale compoziției cărbunelui, procente care arată deosebirile mai nete între diferitele grupe de cărbuni.

Compoziția elementară a diferitelor huile *Tabela 2*

Sortul	Masa organică convențională							Proprietățile mecanice
	Procente de greutate				Procente atomice			
	C_g^0	H_g^0	N_g^0	O_g^0	C_a^0	H_a^0	O_a^0	
D	76—86	5,0—6,0	1,8	10,0—17,5	50,4	43,4	6,2	Tenace
G	78 89	4,5—5,5	1,7	6,8—16,0	53,5	42,4	4,1	Tenace
PJ	84—90	4,0—5,4	1,7	5,0—10,5	56,2	41,0	2,8	Casant
K	87—92	4,0—5,2	1,5	3—8	59,3	38,9	1,8	Foarte casant
P	89—94	3,8—4,9	1,5	2—5	61,6	37,0	1,4	Casant
T	90—95	3,4—4,4	1,2	1,6— 4,5	63,5	35,3	1,2	Casant
A	95—97,5	1,2—2,7		1,5— 3,5	80,5	18,4	1,1	Tenace

Dar cercetările sovietice nu s'au oprit la această clasificare inițială, ci — după studii îndelungate — s'au introdus aparate, cu ajutorul cărora se determină în mod direct anumite valori ale unor proprietăți caracteristice ale huilelor, valori care permit introducerea directă a cărbunelui respectiv într'o anumită grupă de clasificare.

Astfel, utilizând drept criteriu de clasificare *cocsificarea* (aglutinarea), determinată cu aparatul Institutului de Minerale Combustibile al Academiei de Științe din U.R.S.S. (IGI), s'a alcătuit clasificarea din tabela 3.

Clasificarea huilelor după cocsificare *Tabela 3*

Nr. grupei	Grupa	Simbolul	Materii volatile	Cocsificarea
1	Huile de gaz	(*G*)	35—44	20
2	Huile de gaz grase . .	(*GJ*)		20
3	Huile grase	(*J*)	26—35	26—30
4	Huile grase fuzibile . .	(*JJ*)		
5	Huile de cocs grase	(*KJ*)	18—26	30
6	Huile de cocs	(*K*)		20—25
7	Huile degresante . . .	(*P*)	12—18	14—29
8	Huile degresante slabe	(*PT*)		9—23
				9

Utilizând aparatul plastometric al lui Sapojnicov, la care se determină grosimea stratului

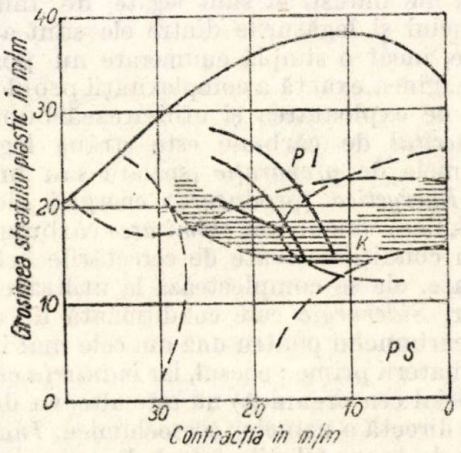


Fig. 1

plastic și tasarea probei de cărbune, clasificarea se face după diagrama de mai sus (fig. 1).

Pentru bazinele din răsăritul Uniunii Sovietice, utilizând criteriile de clasificare determinate cu cele două aparate de mai sus și randamentul de materii volatile, s'au stabilit tipurile de cărbune cuprinse în tabela 4.

Pentru cărbuni bine cocsificabili, cocsificarea se caracterizează prin grosimea stratului plastic (y), determinată după metoda plastometrică; pentru huilele slab cocsificabile (y sub 6 mm) prin caracteristicile reziduului nevolatil (coc-

Clasificarea tehnologică a cărbunilor cocsificabili din bazinele de răsărit ale U.R.S.S.
(după GOST 1280—48)

Tabela 4

Denumirea grupei tehnologice	Sortul comercial	Simbol convențional al grupei	Caracteristica		
			Proporția de materii volatile la masa combustibilă V^c %	Grosimea stratului plastic y, mm	Mărimea aglutinării determinată după met. IGI, aglutinare
			dela...la...	dela...la... (inclusiv)	
Bazinul Cuznețc					
De gaz grupa 1	*G*	*G* 1	peste 37,0	17—25	peste 20
De gaz grupa 2	*G*	*G* 2	„ 37,0	13—16	sub 20
Grase grupa 1	*PJ*	*J* 1	sub 33,0	peste 25	peste 25
Grase grupa 2	*PJ*	*J* 2	33,0—38,0	„ 25	„ 25
De cocs grase	*K*	*KJ*	24,5—28,0	14—25	19—25
De cocs grase grupa 1	*K*	*KJ* 1	28,0—31,0	14—25	19—25
De cocs grase grupa 2	*K*	*KJ* 2	22,0—25,0	12—14	16—19
De cocs	*K*	*K*	19,0—25,0	13 și peste	12—16
De cocs grupa 1	*K*	*K* 1	17,0—21,0	10—12	8—11
De cocs grupa 2	*K*²	*K* 2	17,0—21,0	7— 9	7— 9
Slabe cocsificabile	*PS*	*TS*	sub 17,0	6— 9	sub 9
Bazinul Caraganda					
Grase	*PJ*	*J*	—	20 și peste	—
De cocs grupa 1	*K*	*K* 1	—	12—19	—
De cocs grupa 2	*K*²	*K* 2	—	8—11	—
Bazinul Ciselovsc					
De gaz grupa 1	*G*	*G* 1	—	11—13	—
De gaz grupa 2	*G*	*G* 2	—	8—10	—
Grase grupa 1	*PJ*	*J* 1	—	19 și peste	—
Grase grupa 2	*PJ*	*J* 2	—	14—18	—

In 1949, Consiliul de Miniștri al Uniunii Sovietice a însărcinat Academia de Științe a U.R.S.S. și Ministerul Industriei Cărbunelui cu alcătuirea unui proiect de standard de clasificare industrială a cărbunilor.

In conformitate cu acest proiect, la huile — în locul mărcii *PJ* („de focar grase") — se introduc două mărci: huile de gaz grase *JG* și huile grase *J*.

Marca *JG* este intermediară între mărcile *G* și *J* și se caracterizează aproximativ prin aceleași randamente de materii volatile cu huilele grase, însă proprietățile sale de cocsificare (aglutinare) sunt mai reduse.

Marca *J* se caracterizează prin mai bune proprietăți de cocsificare. Reziduul de cocs rezultat din cărbuni *J* are pori mari.

Marca *PS* („de focar aglutinante") a fost denumită „huile mai puțin aglutinante".

Este interesant de notat că aceste schimbări de denumire corespund liniei generale observate în acest domeniu, de a nu permite utilizarea pentru scopuri energetice a huilelor ce pot intra în șarja de cocsificare.

Ca indici de clasificare principali pentru huile, se întrebuințează după proiectul noii clasificări:

1) randamentul de materii volatile;
2) aglutinarea (cocsificarea).

sului) obținut la determinarea materiilor volatile.

Dacă diferite huile dau aceleași proporții de materii volatile, de exemplu 34%, atunci caracterizarea lor după o anumită marcă industrială se face prin proprietatea de aglutinare. Dacă în cazul examinat la unul din cărbuni y egal cu 10, iar la altul y egal cu 20 mm, atunci primul cărbune va fi denumit cu marca *JG*, iar celălalt cu marca *J*.

Dacă însă la doi cărbuni aglutinarea este aceeași, atunci ca indice de clasificare servește proporția de materii volatile. De exemplu, la cărbunii la care mărimea y este egală cu 10 mm, randamentul de materii volatile de 34% va fi un indice de apartenență de marca *JG*, iar un randament de materii volatile de 38% va fi un indice de apartenență la marca *G*.

Cărbunii de marca *G* și *PS* — chiar dacă prezintă începuturi de cocsificare în timpul cercetării lor prin metoda plastometrică — pot arăta o grosime foarte mică a stratului plastic, grosime care să se apropie de zero. In acest caz, când valoarea lui y scade sub 6 mm, clasificarea se determină după caracteristicile probei cocsului.

Prin aceeași metodă, se determină și cocsificarea huilelor cu flacără lungă și a huilelor slabe.

Pentru caracterizarea cocsului la huilele slab cocsificabile din marca *PS* și a huilelor din marca *T*, cât și pentru diferențierea lor, proiectul noii clasificări propune și recomandă o modificare a metodei de determinare a conținutului de materii volatile.

Temperatura la care se face proba rămâne aceeași (850°) ca și sistemul de cuptoare utilizate. Insă proba de cărbune nu se mai așează într'un creuzet de porțelan, ci într'unul de oțel, înalt de 42 mm, cu diametrul interior la bază de 18 mm, iar la partea de sus de 28 mm.

Proba de cărbune se acoperă cu un căpăcel de asbest gros de 1 mm și cu un diametru de 21 mm, în așa fel încât capacul să se lipească cu toată suprafața lui pe suprafața cărbunelui și să adere etanș la pereții creuzetului.

Durata determinării prin această metodă nouă cu creuzetul de oțel este de cinci minute în cuptorul cu mufă. Dacă, drept rezultat al determinării se găsește butonul de cocs în întregime aglutinat fără praf, cărbunele este socotit a fi de marca PS_2, dacă cocsul se prezintă ca un buton aglutinat dar conținând și praf, cărbunele este de marca *T*.

Proiectul clasificării industriale a huilelor din Baznul Donet este dat în tabela 5.

Tabela 5

Sorturile comerciale ale cărbunilor din Bazinul Donet

(proiect 1952)

Sorturile		Indici de clasificare		
Denumirea	Simbol	Proporția de materii volatile V^c %	Aglutinare	
			Grosimea stratului plastic *Y*, mm	Caracteristica subprodusului nevolatil
Cu flacără lungă . .	*D*	37 și peste	—	pulverulent, aglutinat și slab aglutinat
De gaz . . .	*G*	35 și peste	6 și peste	La Y sub 6 mm aglutinat
Gras de gaz	*JG*	35—27	8—15	—
Gras	*J*	27 și peste	16 și peste	—
De cocs. . .	*K*	27 și sub	13 și peste	—
Cu aglutinare scăzută . .	*PS*	22 și sub	12 și peste	La Y sub 6 mm aglutinat
Slabi	*T*	17—8	—	Slab aglutinat și pulverulent

Din tabelă se vede că huilele conținând mai mult de 35% volatile, pot fi socotite fie la marca *J*, fie la marca *G*. Proiectul de clasificare precizează însă că huilele grase, cu o grosime a stratului plastic de 28 mm, pot avea un randament de materii volatile până la 38%. Dacă grosimea stratului plastic este de 22...27 mm, conținutul de volatile poate să fie până la 37%. La o grosime a stratului plastic de 16...21 mm, huilele grase pot avea un conținut de materii volatile până la 37%.

Proiectele de clasificare industrială a huilelor din Bazinele Cuznețc și Caraganda sunt alcătuite după aceleași principii ca și cele pentru huilele din Donet (vezi tabelele 6 și 7).

Tabela 6

Sorturile comerciale de cărbuni din Bazinul Cuznețe

(proiect 1952)

Sorturile		Indici de clasificare		
Denumirea	Simbol	Proporția de materii volatile V^c %	Aglutinare	
			Grosimea stratului plastic *Y*, mm	Caracteristica subprodusului nevolatil
Cu flacără lungă . .	*D*	37 și peste	—	Pulverulent, aglutinat și slab aglutinat
De gaz . . .	*G*	37 și peste	6 și peste	La Y sub 6 mm aglutinat
Gras de gaz	*JG*	37—27	11 și sub	La Y sub 6 mm aglutinat, slab aglutinat
Gras	*J*	37—24	25 și peste	—
De cocs. . .	*K*	32—17	12—24	—
Cu aglutinare scăzută . .	*PS*	27—14	12 și sub	La Y sub 6 mm aglutinat
Slab	*T*	14 și sub	—	Slab aglutinat, aglutinat și pulverulent

Tabela 7

Sorturile comerciale ale huilelor din Bazinul Caraganda

(proiect 1952)

Sorturile		Indici de clasificare		
Denumirea	Simbol	Proporția de materii volatile V^c %	Aglutinare	
			Grosimea stratului plastic *Y*, mm	Caracteristica subprodusului nevolatil
Gras	*G*	35—25	20 și peste	—
De cocs. . .	*K*	33—24	11—19	—
Slab aglutinat . . .	*PS*	peste 17	10 și sub	La Y sub 6 mm aglutinat
Slab	*T*	20 și sub	—	Slab aglutinat aglutinat și pulverulent

Pentru huilele din Cuznețc, se propune introducerea unei mărci intermediare PS_1, care corespunde huilelor care au același conținut de volatile cu cărbunii *PS*, dar care la proba cocsului prezintă caracteristicile cărbunilor *T*.

Antraciții din Donet se deosebesc de huile tot prin procentul de materii volatile, însă se propune separarea lor în două mărci după puterea calorifică, în antracit și semiantracit.

Cărbunii bruni se propun a fi divizați în trei grupe (*B*1, *B*2, *B*3), după conținutul de umiditate a cărbunelui ca atare : până la 30%, dela 30—40% și peste 40%.

In acest caz, de exemplu, cărbunii bruni din Bazinul Caraganda conținând 37% materii volatile și peste cu până la 30% umiditate, fac parte din cărbunii bruni cu marca *B*1.

Clasificarea cărbunilor din R.P.R.

O astfel de clasificare și codificare, care să permită să se indice în mod just felul cărbunelui cu care se lucrează și în care să se pună de acord denumirea, simbolul și proprietățile cărbunilor, s'a arătat a fi necesară și la noi în țară.

In cadrul Institutului de Energetică al Academiei Republicii Populare Române, un colectiv a elaborat un proiect de standard de clasificare a cărbunilor din R.P.R., care a fost înaintat și aprobat de Comisia de Standardizare. Acest proiect de standard, care se bazează pe cele mai noi date de literatură în acest domeniu, folosește ca model proiectele și standardele sovietice, adaptându-le condițiilor corespunzătoare din țara noastră și creind astfel un instrument care va permite tehnicianului să identifice și să utilizeze în mod just și rațional cărbunii din țara noastră.

Denumirile și simbolurile propuse au fost :

Tabela 8

Clasa	Simbol	Grupa	Simbol
1) Turbă	*T*	Turbă	*T*
2) Cărbuni bruni .	*B*	Cărbune brun pământos	*BP*
		Cărbune brun lemnos (lignit) . . .	*BL*
		Cărbune brun mat	*BM*
		Cărbune brun cu luciu smolos . . .	*BS*
3) Cărbuni bruni huiloși	*B/H*	Cărbune brun huilos	*B/H*
4) Huile	*H*	Huilă cu flacără lungă	*HL*
		Huilă de gaz . . .	*HG*
		Huilă grasă	*H Gr.*
		Huilă de cocs . . .	*HS*
		Huilă slabă degresantă	*HS*
		Huilă antracitoasă .	*H/A*
5) Antraciți	*A*	Antracit	*A*

Denumirile au fost date cărbunilor bruni după aspectul lor, iar denumirile huilelor au fost date după utilizările lor.

Drept criterii de clasificare s'au introdus umiditatea, conținutul de materii volatile, puterea calorifică, analiza elementară, conținutul și reacția acizilor humici ca și aspectul cocsului și aspectul macroscopic al cărbunelui.

Folosindu-se linia indicată de clasificările sovietice, adaptate condițiilor noastre, s'a realizat acest proiect de standard, care mai poate suferi îndreptări, dar care totuși servește ca o bază pentru unificarea nomenclaturii și cunoașterea mai bună a cărbunilor noștri.

Pe baza lui, pe baza cercetărilor și analizelor care se fac la Institutul de Cercetări Carbonifere și la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., va trebui să complectăm cunoștințele noastre, referitoare la cărbuni și astfel să le dăm acestora o utilizare cât mai rațională.

Proiectul și bineînțeles și standardul pot fi modificate și chiar autorii lor și-au pus problema unei subîmpărțiri a clasei antraciților în antraciți și metaantraciți, dar — pe baza datelor existente până acum — nu s'a putut încă trece la această clasificare.

Sperăm că discuțiile și colaborarea celor din domeniul de specialitate vor contribui la îmbunătățirea lui.

Bibliografie

1. *A. A. Gapeev* : „Concepțiile actuale asupra originii cărbunilor fosili și clasificarea lor" Ed. Tehnică, 1953 (traducere din limba rusă).
2. *A. A. Gapeev* : „Minerale combustibile solide" Moscova, 1949.
3. *M. A. Mancovschi ș. a.* : „Analiza tehnică a cărbunilor", Moscova-Leningrad, 1952.
4. Acad. R.P.R. Inst. de Energetică (Colectiv : *I. Blum, N. Ionescu, I. Barbu*) : „Cărbunii naturali din R.P.R." Proiect de standard de clasificare, București, 1952.
5. *I. Barbu* : „Despre standardizarea, clasificarea și codificarea cărbunilor din țara noastră", Bul. de Standardizare Nr. 8, Anul III, București, 1951.

★

НОВЫЕ СОВЕТСКИЕ ВОЗЗРЕНИЯ О КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В Р.Н.Р.

Резюме

В настоящей статье, автор после изложения новых советских воззрений в области классификации углей, приводя в качестве примера каменные угли различных бассейнов (донецкие, кузнецкие, карагандские), указывает принципы стоящие в основе составления проэкта стандарта по классификации наших углей используя в качестве модели советский стандарт приспособленный к условиям Р.Н.Р.

MĂSURA CONDUCTIVITĂȚII SOLULUI

Prof. dr. ing. I. CONSTANTINESCU

Pornind dela măsurătorile conductivității solului făcute în U.R.S.S, unde a fost întocmită o hartă de conductivitate a solului pe tot întinsul părții europene a Uniunii Sovietice autorul arată principiul metodei de măsurare aplicabilă la noi, dând un montaj adecvat pentru efectuarea acestei măsurători.

Electrificarea țării, sarcină de bază pentru construirea socialismului în Republica Populară Română, cere construirea unei întinse rețele de linii de energie de înaltă tensiune pentru transportul acestei energii dela locurile de producție la locurile de utilizare. Liniile noastre de telecomunicație având de deservit același șir de localități ca și cele de energie, se găsesc de multe ori în apropierea liniilor de energie. In această situație, liniile de telecomunicații sunt supuse fie la efecte de inducție electrostatică, datorite tensiunilor mari pe linia de energie, fie la efecte de inducție electromagnetică, datorite curenților excesiv de mari ce iau naștere în cazul unui scurtcircuit la pământ a liniei de energie.

Pentru motive tehnice asupra cărora nu ne oprim aci, liniile de energie se construesc cu neutrul pus la pământ.

Prin urmare, când în mod accidental, unul din firele liniei de energie este pus undeva la pământ, în acest fir va lua naștere un curent de scurtcircuit de mare intensitate, care se întoarce prin pământ, formând împreună cu curentul din firul liniei o buclă sau spiră inductoare de mare suprafață.

Suprafața buclei inductoare depinde de frecvența curentului și de conductivitatea solului.

La frecvențele mici, curentul se resfiră prin pământ la mari adâncimi, pe când la frecvențele mari curentul de întoarcere prin pământ tinde să se ridice către suprafața solului.

Același rezultat îl dă și conductivitatea solului. Cu cât pământul este mai puțin conductor cu atât adâncimea curentului de întoarcere este mai mare.

Dacă pământul ar fi perfect conductor, tot curentul de întoarcere s'ar găsi pe suprafața solului.

Suprafața inductoare are un mare rol în efectele de inducție fiindcă cu cât această suprafață va fi mai mare cu atât efectele de inducție electromagnetică se vor resimți la distanțe mai mari.

Lucrul acesta este evident dacă ne gândim la spațiul ocupat de câmpul magnetic al unei spire mici și al unei spire de mare suprafață.

Dacă paralel cu linia de energie se găsește o linie de telecomunicații, câmpul magnetic al curentului de scurtcircuit depe linia de energie poate trece prin spațiul cuprins între firele liniei de telecomunicații și pământ și provoca astfel pe firele liniei de telecomunicații o tensiune dealungul acestor fire, numită tensiune longitudinală.

După intensitatea curentului inductor această tensiune longitudinală poate avea valori de ordinul miilor de volți, periculoase pentru personalul și pentru instalațiile de telecomunicații. Valoarea tensiunii longitudinale indusă pe linia de telecomunicație se poate calcula dacă cunoaștem :

a) lungimea *l*, a paralelismului dintre cele două linii

b) depărtarea *a* dintre ele

c) înălțimile *b* și *c* deasupra solului, respectiv a liniei de energie și a liniei de telecomunicație

d) conductivitatea σ a solului.

La calculul acestei tensiuni se admite că ambele linii : cea conductoare și cea indusă sunt cu întoarcere prin pământ.

Notând cu *M* inductanța mutuală pe unitatea de lungime a celor două circuite cu întoarcere prin pământ și cu *I* curentul de scurtcircuit, tensiunea longitudinală indusă pe lungimea *l* de paralelism va fi :

$$e = \omega \, l \, M \, I_c \text{ volt}$$

unde

$\omega = 2 \pi f$ este frecvența unghiulară a curentului.

In această expresie inductanța mutuală *M* este dată de formula :

$$M = 2 \ln \frac{\sqrt{a^2 + (b + c)^2}}{\sqrt{a^2 + (b - c)^2}} - 4 j \left[P(\lambda, \theta) + j Q(\lambda, \theta) \right]$$

unde :

$\ln$ = logaritmul natural

$$\lambda = \sqrt{a^2 + (b + c)^2} \sqrt{4 \pi \omega \sigma}$$

$$\theta = \text{arc tg} \frac{a}{b + c}$$

$$j = \sqrt{-1}$$

Funcțiunile $P(\lambda, \theta)$ și $Q(\lambda, \theta)$ sunt date de abacele din figura 1 și 2. In figura 3 este dată valoarea inductanței mutuale *M* în funcție de parametrul $10^6 a \sqrt{\sigma f}$.

Calculul inductanței mutuale ar fi extrem de simplu și s'ar reduce la primul termen dacă pământul ar fi perfect conductor. Cum însă pământul nu este perfect conductor, la primul termen se mai adaugă termenii corectivi $P(\lambda, \theta)$ și $Q(\lambda, \theta)$, funcțiuni de frecvență și de conductivitatea solului.

In orice caz, cu ajutorul formulelor de mai sus, se poate calcula tensiunea longitudinală indusă de o linie de energie pe o linie de telecomunicație.

Dacă ambele linii sunt existente, este mai simplu să măsurăm tensiunile şi nu este nevoie de calcul.

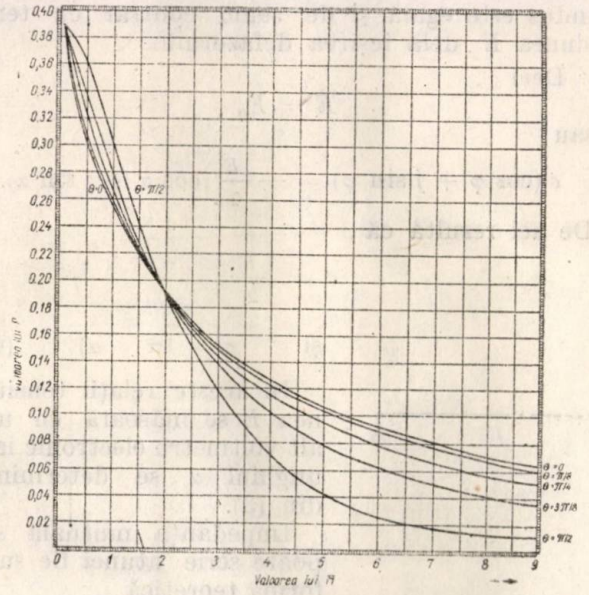


Fig. 1

Calculul prezintă interes şi este neapărat necesar atunci când se proectează o linie de energie în vecinătatea unei linii existente de telecomunicaţii sau când se proectează o linie de telecomunicaţii în vecinătatea unei linii existente de energie.

In acest caz este nevoie să ştim la ce depărtare trebue aşezată linia proiectată faţă de cea existentă pentru ca efectele de inducţie să rămână în limitele admisibile, limite prescrise în STAS-49.

Măsurătoarea nemaifiind posibilă când una din linii lipseşte trebue să recurgem la calcul şi acesta nu este posibil dacă nu cunoaştem conductivitatea solului în regiunea în care există sau se proiectează o linie de energie.

In Uniunea Sovietică, această conductivitate a fost măsurată încă din 1935, întocmindu-se o hartă a conductivităţii solului pe tot întinsul părţii europene a URSS.

La noi aceste măsurători sunt în curs de efectuare.

Principiul metodei de măsurare este în linii generale următorul:

Se întind pe suprafaţa solului două fire izolate paralele şi la o depărtare cunoscută a, unul faţă de celălalt (figura 4). In acest caz $b = c = o$ şi primul termen din expresiile lui M este nul, iar parametrii λ şi θ se reduc la:

$$\lambda = a\sqrt{4\pi\omega\sigma} \text{ şi } \theta = \frac{\pi}{2}$$

Un curent I trimis prin firul inductor AB şi întoarcerea lui prin pământ dă naştere unei forţe electromotoare, e, prin circuitul indus CD şi întoarcerea lui prin pământ. Raportul

$$Z_n = \frac{e}{I}$$

ne dă impedanţa mutuală a celor două circuite cu întoarcere prin pământ.

Ţinând seama de observaţiile de mai sus, expresia acestei impedanţe este

$$Z_M = j\omega M = 4\omega [B(\lambda, \theta) + jQ(\lambda, \theta)]$$

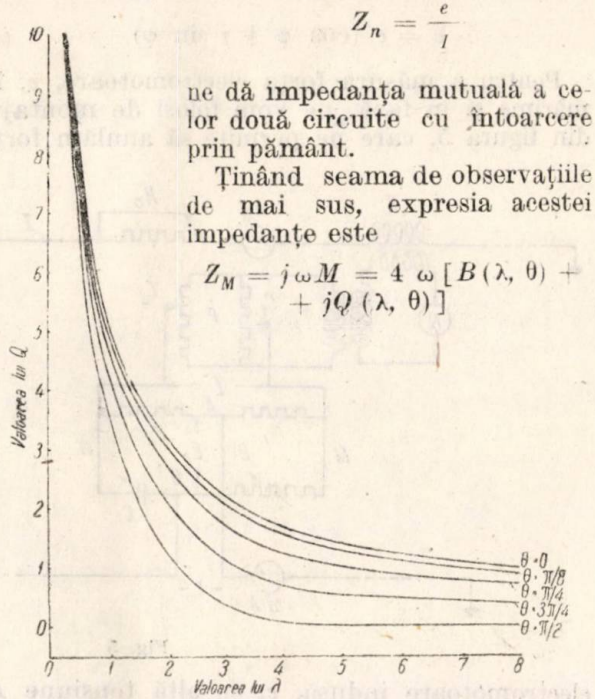


Fig. 2

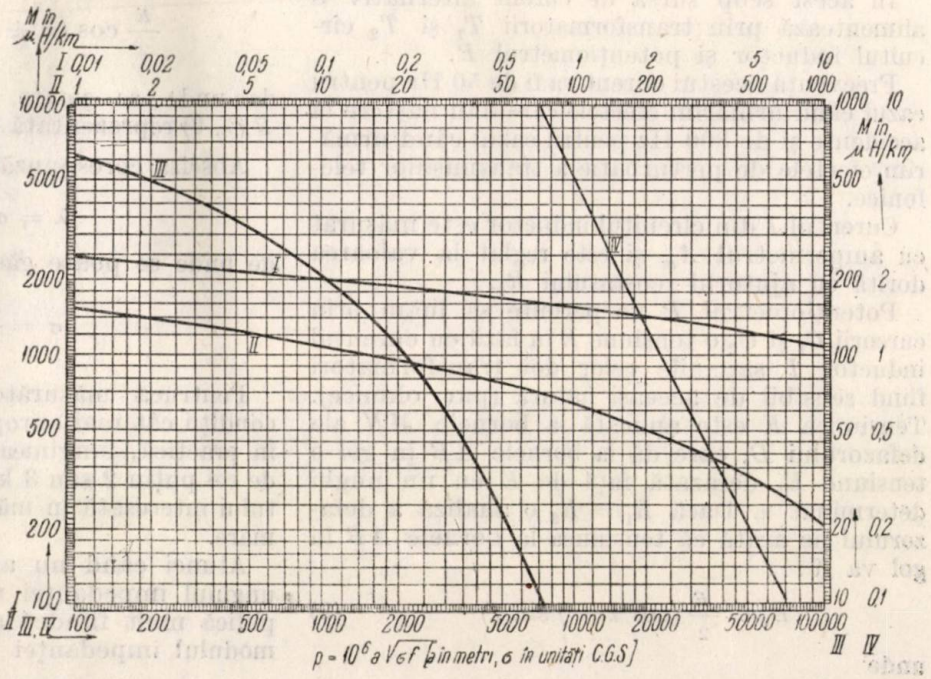


Fig. 3

De aci rezultă că tensiunea e, nu este în fază cu curentul I, şi la măsurători trebue deter-

minată atât mărimea cât diferența de fază a tensiunii e, față de curentul I.

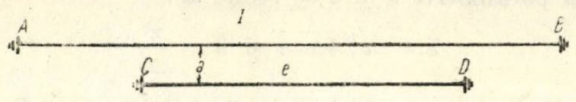


Fig. 4

Luând faza curentului I ca origine pentru faze, tensiunea indusă va fi de forma :

$$e = e\ (\cos\ \varphi + j\ \sin\ \varphi) \qquad (1)$$

Pentru a măsura forța electromotoare, e, în mărime și în fază, ne vom folosi de montajul din figura 5, care ne permite să anulăm forța

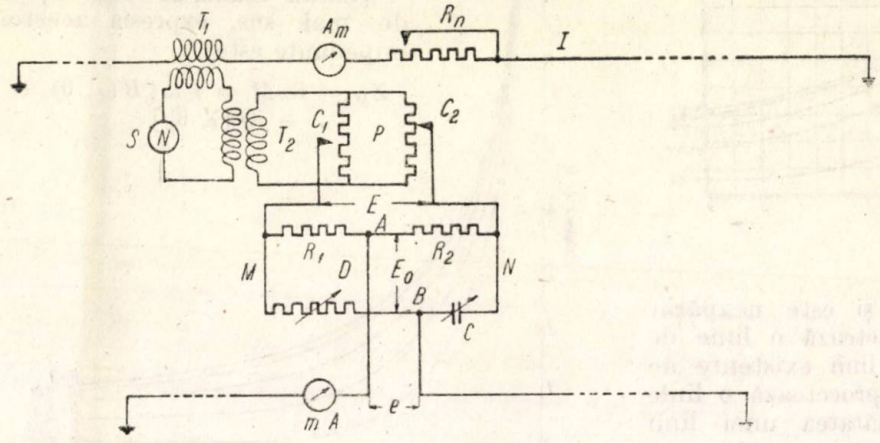


Fig. 5

electromotoare indusă, e, cu altă tensiune E_0 egală și în opoziție de fază cu e.

In acest scop sursa de curent alternativ S alimentează prin transformatorii T_1 și T_2 circuitul inductor și potențiometrul P.

Frecvența acestui curent va fi de 50 Hz pentru cazul când urmărim efectele care dau naștere la accidente și de 800 Hz pentru cazul când urmărim efectele de perturbație a transmisiilor telefonice.

Curentul I din circuitul inductor este măsurat cu ampermetrul A_m și este reglat la valoarea dorită cu ajutorul reostatului R_v.

Potențiometrul P ne permite să luăm prin cursorii C_1 și C_2 o tensiune E în fază cu curentul inductor I sarcinile celor doi transformatori fiind sensibil de aceeași natură (pur ohmice). Tensiunea E este aplicată la bornele MN ale defazorului D, care dă la bornele AB în gol o tensiune E_1 defazată față de E cu un unghi determinat α. Dacă $R_1 = R_2$ o analiză a defazorului ne arată că tensiunea la bornele AB în gol va fi :

$$E_0 = \frac{E}{2}(\cos\ \alpha + j\ \sin\ \alpha) \qquad (2)$$

unde

$$\alpha = 2\ \text{arc tg}\ \frac{1}{\omega C R} \qquad (3)$$

este unghiul dintre tensiunea E_0 și tensiunea E, respectiv curentul I.

Vom varia poziția cursorilor C_1 și C_2 și unul din elementele defazorului R sau C, până când microampermetrul $m\ A$, va arăta un curent nul.

In acest moment tensiunea e, din circuitul indus este egală și de semn contrar cu tensiunea E dela ieșirea defazorului.

Deci

$$E = E_0$$

sau

$$e\ (\cos\ \varphi + j\ \sin\ \varphi) = -\frac{E}{2}(\cos\ \alpha + j\ \sin\ \alpha).$$

De aci rezultă că :

$$e = \frac{E}{2}$$

și $$\varphi = (\pi + \alpha) \qquad (4)$$

In aceste relații tensiunea E se măsoară cu un alt voltmetru electronic iar unghiul α se determină din (3).

Impedanța mutuală se poate scrie atunci fie sub formă teoretică

$$Z_M = j\omega\ M = 4\ \omega\ [P\ (\lambda, \theta) + jQ\ (\lambda, \theta)] \qquad (5)$$

fie sub forma dată de experiență

$$Z_M = \frac{e}{I} = \frac{E}{2}[\cos\ (\pi+\alpha) + j\ \sin\ (\pi + \alpha)] \qquad (6)$$

Identificând de exemplu, numai părțile reale se obține :

$$\frac{E}{2}\cos\ (\pi + \alpha) = 4\ \omega\ P\ (\lambda, \theta) \qquad (7)$$

de unde se poate scoate valoarea funcției $P\ (\lambda, \theta)$ reprezentată în ordonate în figura 1.

Abscisa corespunzătoare ne va da :

$$\lambda = a\sqrt{4\ \pi\omega\sigma}$$

de unde se poate găsi conductivitatea căutată

$$\sigma = \frac{1}{4\ \pi\ \omega}\ \frac{\lambda^2}{a^2} \qquad (8)$$

Pentruca măsurătorile să fie efectuate în condiții cât mai apropiate de situațiile întâlnite în practică, lungimea circuitului inductor va fi de cel puțin 2 sau 3 km, pentruca masa pământului interesată în măsurători să fie suficient de mare.

Atunci când nu avem nevoie să cunoaștem unghiul impedanței mutuale, lucrurile se simplifică mult fiindcă atunci ne putem servi de modulul impedanței

$$\omega\ M = (Z_m) = \frac{(e)}{(I)}$$

Vom măsura atunci curentul inductor I cu un ampermetru și forța electromotoare indusă

e, cu un voltmetru electronic vom şi deduce inductanţa mutuală din relaţia

$$M = \frac{(e)}{\omega\,(I)}$$

Odată găsită valoarea M a inductanţei mutuale, curbele din figura 5 ne dau pe abscisa corespunzătoare, valoarea parametrului

$$p = 10^6\, a \sqrt{\sigma f}$$

Prin urmare concordanţa căutată va fi :

$$\sigma = \frac{p^2}{10^{12}\, a^2 f} \qquad (9)$$

Atât formula (8) cât şi (9) ne dau conductanţa în unităţi electromagnetice *CGS*. Pentru a obţine conductanţa microohm pe cm va trebui ca valorile obţinute din (8) şi (9) să fie multiplicate cu 10^{15}.

★

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОВОДИМОСТИ ГРУНТА

Резюме

Исходя из измерений проводимости грунта произведенных в СССР где была составленна карта проводимости грунта всей европейской части Союза, автор дает принцип метода измерения применимый в Р.Н.Р. и подходящую схему для выполнения этих измерений.

FOLOSIREA DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI PENTRU PROTECŢIA INSTALAŢIILOR ELECTRICE IMPOTRIVA SUPRATENSIUNILOR ATMOSFERICE[1]

Ing. GLEB DRĂGAN

Autorul expune principiile care stau la baza folosirii descărcătorilor tubulari pentru protecţia instalaţiilor electrice contra supratensiunilor atmosferice, arată construcţia şi funcţionarea lor, rezultatele obţinute în exploatare, modalităţile de montare în diferite cazuri unde folosirea lor este recomandabilă precum şi principiile de proiectare.

1. CONSIDERAŢII GENERALE

Din datele statistice privind exploatarea reţelelor electrice rezultă că, în cazul unei protecţii nesatisfăcătoare împotriva supratensiunilor atmosferice, numărul de întreruperi a liniilor de transport este deosebit de mare şi anume : 40—50 % la liniile de 110 kV, 70 — 80 % la liniile de 220 kV, din numărul total al întreruperilor [1]. Din această cauză problema protecţiei instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice a constituit una dintre principalele preocupări ale tehnicienilor. Cu toate că în acest domeniu s'a realizat un progres evident şi s'a ajuns la soluţii suficient de precise în ceeace priveşte sistemul de protecţie ce trebue adoptat, totuşi, în unele probleme, cum este acea a descărcătorilor tubulari, părerile sunt împărţite.

In alegerea sistemului de protecţie, factorul tehnic are un rol hotărîtor.

In afară de consideraţiuni tehnice, care influenţează alegerea unui tip de descărcător, factorul economic impune adeseori să se recurgă la descărcătorii tubulari. Costul protecţiei contra supratensiunilor nu trebue să depăşească o anumită cifră, de cca 15 % din costul transformatorilor.

Descărcătorii tubulari sunt mult mai eftini, astfel că se recomandă adeseaori folosirea lor.

In articolul de faţă se expun principiile de bază ale utilizării descărcătorilor tubulari în protecţia instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.

Rolul descărcătorilor este, după cum se ştie, de a stabili, în cazul unor supratensiuni, o derivaţie între linie şi pământ, având o impedanţă suficient de mică pentru a coborî amplitudinea supratensiunilor la o valoare inferioară valorii limite suportate de materialul electric, ce urmează a fi protejat. Odată cu aceasta descărcătorul trebue să întrerupă curentul care îl parcurge după trecerea supratensiunii, într'un timp mai mic decât cel la care funcţionează întreruptorii sau siguranţele instalaţiei electrice de protejat. Calităţile care trebue să le îndeplinească descărcătorii sunt următoarele :

a) tensiunea de amorsare la frecvenţă industrială trebue să fie suficient de mare pentru a evita funcţionarea lor la supratensiuni interne, sub o anumită limită ;

b) tensiunea lor de desamorsare trebue să fie suficient de ridicată pentru ca funcţionarea lor să fie corectă ;

[1]) Extras din referatul prezentat la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

c) caracteristica tensiunii de amorsare la undele de şoc a eclatorilor descărcătorului trebue să fie inferioară caracteristicilor aparatelor ce trebue protejate;

d) puterea de scurgere trebue să fie cât mai mare posibilă;

e) tensiunea lor reziduală nu trebue să depăşească tensiunea la unda de şoc pe care o poate suporta materialul de protejat;

f) tensiunea de amorsare să fie cât mai puţin influenţată de factorii externi;

g) descărcătorul să asigure o funcţionare îndelungată, fără să se modifice sensibil caracteristicile sale.

Relativ la tensiunea de amorsare, admiţându-se în general că descărcătorul nu funcţionează la supratensiuni de origine internă, se ia, în mod obişnuit, de circa două ori mai mare ca tensiunea nominală a descărcătorului, ce reprezintă valoarea cea mai ridicată pe care tensiunea reţelei o poate ajunge în funcţionare normală, în punctul unde este montat descărcătorul]2].

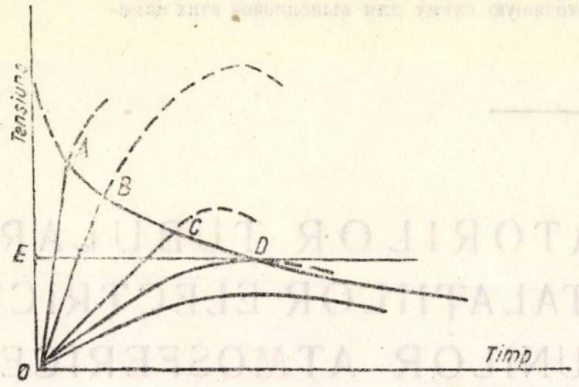


Fig. 1

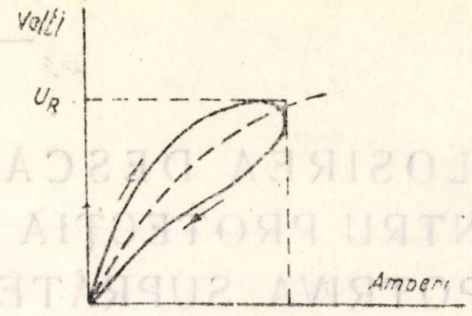


Fig. 2

Tensiunea de desamorsare a descărcătorului este totdeauna mult inferioară tensiunii de amorsare şi se admite în general că ea poate fi egală tensiunii sale nominale.

Se ştie că amplitudinea tensiunii de amorsare la undele de şoc a unui eclator variază cu panta frontului undei, iar curba care ne dă amplitudinea tensiunilor de amorsare se numeşte *caracteristica de amorsare* a eclatorului respectiv.

Tensiunea critică de amorsare a eclatorului reprezintă amplitudinea cea mai ridicată a undei de şoc normale pe care nu o amorsează eclatorul (fig. 1 — CE).

Este evident că ordonatele caracteristicei de amorsare a fiecărei ramuri a unui descărcător trebue, pentru toată durata de amorsare, să fie superioară celor pentru care nici o amorsare sau străpungere nu trebue să se producă pentru materialul de protejat. Aceasta constitue una din bazele problemei coordonării izolaţiei.

De remarcat că, deoarece tensiunea de amorsare la undele de şoc a unui eclator este în funcţie de tensiunea sa de amorsare la frecvenţa industrială, nivelul de protecţie a unui descărcător pentru reţelele cu neutrul legat de pământ, va putea să fie întotdeauna inferior nivelului unui descărcător pentru reţelele cu neutrul izolat.

Căderea de tensiune în descărcător, la unde de şoc, reprezintă *tensiunea reziduală* a descărcătorului.

Se numeşte *puterea de scurgere* a descărcătorului puterea de scurgere pentru care o tensiune maximă, denumită *tensiunea reziduală nominală*, este garantată. Tensiunea reziduală a unui descărcător depinde atât de amplitudinea, cât şi de panta undei de şoc. Curba tensiunii reziduale în funcţie de curentul de şoc, ne dă *caracteristica volt-amper* a descărcătorului (fig. 2). In consecinţă este necesar a se preciza pentru fiecare tensiune reziduală şi forma curentului de şoc pentru care ea corespunde.

Curba care dă în ordonate tensiunea reziduală a unui descărcător în funcţie de valorile crestei undelor de curent, de forma specificată, se numeşte *caracteristica tensiune reziduală — curent* a descărcătorului, tensiunea reziduală nominală corespunzând puterii de scurgere nominale a descărcătorului [2].

Caracteristica tensiune reziduală — curent a unui descărcător, pentru reţea trifazată cu neutrul legat la pământ, pentru aceleaşi condiţii, este totdeauna mai favorabilă decât aceea a unui descărcător pentru reţelele cu neutrul izolat.

Aceste precizări vor permite definirea caracteristicilor unui descărcător tubular şi compararea descărcătorului tubular cu un descărcător cu rezistenţă variabilă.

CONSTRUCŢIA ŞI FUNCŢIONAREA DESCĂRCĂTOARELOR TUBULARE

Descărcătorul tubular, sub forma sa cea mai simplă, este format dintr'un tub din material izolant, ce are proprietatea de a degaja gaze sub influenţa arcului ce se formează între cei doi electrozi montaţi la capetele tubului. Unul dintre electrozi (electrodul superior) este o tijă cilindrică, celălalt (electrodul inferior) este prevăzut cu un orificiu; este de preferat ca electrozii să fie confecţionaţi dintr'un metal antiarc (6).

Descărcătorii tubulari utilizaţi în practică sunt de tipuri extrem de variate. Neexistând elemente de calcul precise, iar factorul economic jucând un rol important, s'au propus diferite construcţii, unele din ele prezentând o serie de

avantaje, cele mai multe rămânând simple încercări, fără să se fi introdus prea mult în practică.

In articolul de față nu se vor descrie diferitele tipuri de descărcători tubulari utilizați în practică, cu atât mai mult cu cât au apărut o serie de articole [4,29] în care au fost expuse tipurile cele mai caracteristice; în literatura de specialitate [5, 6, 20] se găsesc deasemenea detalii suficiente.

Descărcătorul tubular de tip obișnuit, se montează la rețea cu lăsarea unui interval — denumit intervalul de străpungere exterior — evitându-se astfel acțiunea continuă a tensiunii

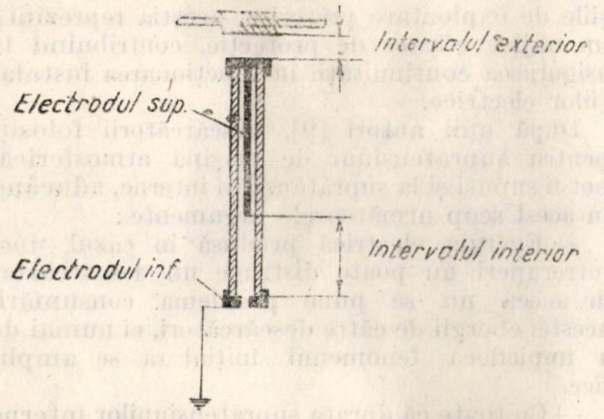


Fig. 3

asupra descărcătorului (fig. 3), deoarece materialul, din care este format tubul izolant al descărcătorului se carbonizează sub acțiunea continuă a tensiunii, în deosebi când este umed. In cazul unei supratensiuni, unda de tensiune străpunge mai întâi intervalul exterior apoi cel interior și se scurge la pământ. Curentul care ia naștere poate atinge valori foarte mari, mai ales în cazul rețelelor cu neutrul legat direct de pământ. Cu cât arcul electric, ce ia naștere între cei doi electrozi ai descărcătorului, este mai puternic, emisiunea de gaze degajate de fibră este mai importantă. Puterea de descărcare este deci funcție de intensitatea curentului ce trebue tăiat.

Datorită formării intense a gazelor, presiunea în descărcător crește mult (până la 100 at. și mai mult); ca o urmare a amestecului gazelor și a răcirii acestora, precum și din cauza suflajului de gaze ce se produce, are loc o intensă deionizare a intervalului interior, iar arcul electric de cele mai multe ori, după trecerea curentului prin zero, nu se mai formează.

Tensiunea necesară pentru formarea arcului în semiperioada următoare este mult mai mare decât tensiunea necesară menținerii arcului și ia naștere între contactele arcului doar după un timp de câteva zeci sau sute de microsecunde, aceasta fiind funcție de caracteristicele rețelei. Dacă în acest timp rigiditatea dielectrică între cei doi electrozi a devenit din nou suficient de mare, nu mai are loc formarea unui nou arc. Creșterea rigidității dielectrice a gazelor se datorește recombinării dintre ioni, faptului că o parte din ioni sunt cedați pereților tubulari și mai ales formării gazelor ce duce la ridicarea presiunii și în consecință la suflajul de gaze.

Este de menționat că viteza de restabilire a tensiunii după descărcare este în funcție și de frecvența proprie de oscilație a rețelei. Intensitatea curentului, pe care descărcătorul poate să-l taie, depinde deasemenea de această frecvență. Dealtfel este dificil de a se determina frecvența proprie de oscilație a unei rețele, astfel încât din acest punct de vedere, este mai bine a se face încercări direct pe rețele, amorsând artificial descărcătorul printr'un fir de argint de un diametru de 0,02 mm pentru a se constata dacă descărcătorul taie de fiecare dată curentul care ia naștere.

Pentru fiecare descărcător există anumite limite bine determinate a valorii maxime și minime a curenților ce pot fi tăiați. Dacă curentul depășește limita superioară, presiunea ce ia naștere în tub, datorită cantității prea mari de gaze produse, poate duce la distrugerea acestuia. Dacă din contra curentul este prea mic, cantitatea de gaze produse este prea mică, iar stingerea arcului nu are loc. Acest fapt poate duce la funcționarea releului de protecție și scoaterea din funcțiune a părții de linie protejată de descărcător.

După un anumit timp de funcționare, diametrul interior al descărcătorului crește, ceeace duce la mărirea limitei minime a curentului admisibil.

Condiția esențială, pe care trebue s'o îndeplinească descărcătorul, este ca tensiunea de amorsare a acestuia să fie inferioară tensiunii de conturare sub unda de șoc a izolatorilor liniei de înaltă tensiune sau a izolatorilor suport a postului de transformare protejat [3].

O idee justă în ceeace privește protecția contra supratensiunilor cu ajutorul descărcătorilor se poate face comparând între ele curbele tensiune-timp ale descărcătorilor și ale izolatorilor suporți, în cazul unei unde de șoc.

Curbele volt-secundă (fig. 4) ale descărcătorilor sunt mai aplatizate decât cele ale izolatorilor suporți; rezultă că datorită diferențelor în ceeace privește timpul de amorsare a descărcătorilor și a izolatorilor tubulari este suficient de eficace dacă între cele două curbe este o diferență suficientă.

Aceste considerații determină pe unii autori [8, 10] să ajungă la concluzia că descărcătorii tubulari pot fi folosiți cu succes pentru protecția instalațiilor electrice de medie tensiune, ținând seama și de factorul economic ce intervine în acest caz. In realitate intervine zona de dispersiune specifică descărcătorilor tubulari, care nu permite stabilirea precisă a caracteristicilor de funcționare a acestor descărcători.

Este de menționat deasemenea că pentru undele cu pantă mare descărcătorii tubulari prezintă o inerție prea mare. După părerea constructorilor de aparataj electric, această inerție de amorsare nu prezintă vreun pericol în cazul transformatorilor noi, a căror clasă de

izolație corespunde tensiunii de serviciu a rețelei. Asupra acestor probleme vom mai reveni în cadrul acestei lucrări.

Practica exploatării și cunoașterea caracteristicilor de funcționare a descărcătorilor tubu-

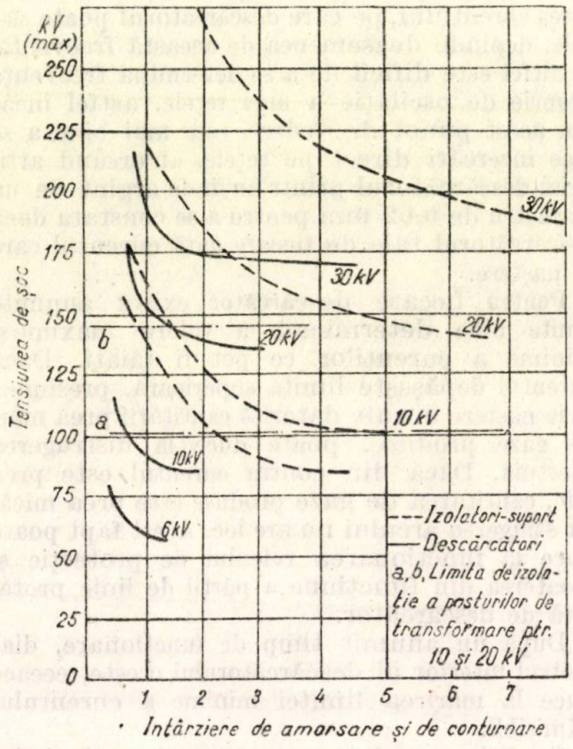


Fig. 4

lari a permis să se precizeze domeniul de utilizare al acestora. Descărcătorii tubulari singuri nu se folosesc decât pentru protecția anumitor puncte izolate ale liniilor electrice. Protecția stațiilor împotriva undelor călătoare se realizează în primul rând cu ajutorul descărcătorilor cu rezistență variabilă. Totuși numărul descărcătorilor tubulari folosiți la protecția unei stații este deobicei mai mare ca numărul descărcătorilor cu rezistență variabilă, rolul lor fiind de a micșora amplitudinea undei și de a proteja aparatajul montat pe plecările liniilor aeriene. Pentru descărcătorii cu rezistență variabilă, descărcătorii tubulari reprezintă un fel de supape ce nu permit pătrunderea undelor de amplitudine prea mare, și care ar putea duce la distrugere sau o protecție nesigură a descărcătorilor cu rezistență variabilă.

Rezultă din descrierea făcută că descărcătorul tubular reprezintă un aparat economic și util pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. Costul propriu zis al aparatului ca și cheltuelile de montare reprezintă o cotă cu totul redusă față de costul total al instalației. La folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice trebue să se țină seama însă de toate condițiile tehnice impuse, deoarece, în caz contrar, descărcătorii tubulari pot să reprezinte o sursă de avarii.

Asupra utilității folosirii descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice au existat și există încă multe controverse. Pe de o parte, simplicitatea deosebită a acestui aparat, iar pe de altă parte avariile provocate printr'o concepție greșită a folosirii lor a făcut ca unii tehnicieni să nu aibă încredere în descărcătorii tubulari, renunțând la utilizarea lor. Practica exploatării și analizarea pe bază de statistici a avariilor produse în instalațiile electrice, datorită supratensiunilor atmosferice, a arătat că în cazul când montarea descărcătorilor tubulari se face conform normelor și se respectă condițiile de exploatare prescrise, aceștia reprezintă un mijloc eficace de protecție, contribuind la asigurarea continuității în funcționarea instalațiilor electrice.

După unii autori [9], descărcătorii folosiți pentru supratensiuni de origină atmosferică, pot fi supuși și la supratensiuni interne, aducând în acest scop următoarele argumente :

— Energia electrică produsă în cazul unei întreruperi nu poate distruge un descărcător, de aceea nu se pune problema consumării acestei energii de către descărcători, ci numai de a împiedeca fenomenul inițial să se amplifice.

— Cu toate că durata supratensiunilor interne este mult mai mare ca durata supratensiunilor atmosferice, totuși timpul de 10^{-4} la 10^{-2} s, cât durează supratensiunile interne este prea scurt pentruca efectele termice produse de arcul de amorsare să poată modifica caracteristicile descărcătorului.

In concluzie, ar rezulta că descărcătorii tubulari trebue să suporte supratensiunile interne ca și cele atmosferice, dacă dorim să obținem o protecție satisfăcătoare.

Modul de tratare a problemei, așa cum s'a arătat în cele de mai sus, nu reprezintă o soluționare, iar argumentele aduse sunt discutabile. In primul rând nu este suficient de clar în ce măsură un descărcător poate să împiedice amplificarea fenomenului ce se produce în cazul unei supratensiuni interne. In al doilea rând, atât timp cât nu sunt elemente suficiente pentru a se putea studia și determina cantitativ fenomenul, nu se poate rezolva problema utilizării descărcătorilor pentru protecția instalațiilor electrice contra supratensiunilor interne.

Este de menționat că tehnica sovietică pleacă dela principiul că rolul descărcătorilor este de a proteja instalațiile electrice împotriva supratensiunilor de origine atmosferică [5].

In concluzie, în momentul de față nu există suficiente elemente pentru a putea stabili posibilitatea folosirii descărcătorilor cu rezistențe variabilă sau a descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor interne. Numai după ce vor cunoaște mai precis fenomenele ce iau naștere în cazul acestor supratensiuni și în deosebi se va putea determina atât valorea supratensiunii, care ia naștere, cât și energia ce intră în joc, se va

putea preciza în ce măsură și când este utilă folosirea descărcătorilor.

In ceeace privește funcționarea descărcătorilor tubulari, în cazul curenților capacitivi, sau curenților inductivi, în baza experiențelor efectuate, s'au putut constata următoarele:

Descărcătorii tubulari taie ușor curenții capacitivi de 1 la 20 *A*. In fig. 5 este dată o oscilo-

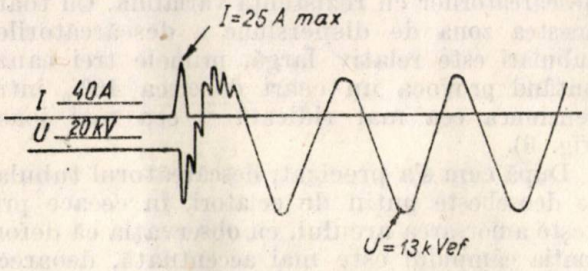


Fig. 5

gramă în care se arată tăierea unui curent capacitiv, de către un descărcător de 15 kV; tăierea curentului, a cărui valoare maximă a atins 25 A max., a avut loc în mai puțin de o semiperioadă.

Atât practica exploatării, cât și încercările de laborator au arătat că este rațională folosirea descărcătorilor tubulari în cazul rețelelor cu neutrul legat la pământ cu ajutorul unei bobine de stingere.

Funcționarea descărcătorilor tubulari în cazul unei puneri la pământ a rețelelor cu neutrul izolat se poate explica prin producerea unei supratensiuni relativ mari ce poate să ia naștere în acest caz, precum și datorită faptului că tensiunea de amorsare a descărcătorilor tubulari ce se găsesc în exploatare, scade cu timpul [7]. Limita inferioară a tensiunii de amorsare poate fi considerată tensiunea de străpungere a intervalului exterior, care în cazul rețelelor de 35 kV este de 2,2...2,6 U_f, unde U_f este tensiunea pe fază. Pe de altă parte în cazul unei puneri la pământ la rețelele de 35 kV, pot apărea supratensiuni de ordinul 3 U_f, ceeace explică funcționarea descărcătorilor tubulari.

In ceeace privește tăierea curenților inductivi se știe că descărcătorii tubulari taie curenți cuprinși între două limite, ceeace se poate verifica ușor și pe cale experimentală.

Deoarece rigiditatea dielectrică restabilită în funcție de timp variază cu intensitatea curentului tăiat, se poate determina aproximativ, pentru o intensitate dată, variația rigidității în funcție de timp, măsurând tensiunile instantanee de reamorsare pentru un curent dat și pentru diverse frecvențe de oscilație liberă.

Cu toate că forma și valoarea acestor caracteristici variază mult în funcție de caracteristicile constructive ale descărcătorului, se pot stabili totuși câteva legi generale:

— Oricare ar fi curentul tăiat și frecvența de oscilație liberă, există o tensiune maximă, în general inferioară valorii maxime a tensiunii de amorsare la frecvența industrială, peste valoarea căreia reamorsarea se produce întotdeauna;

— In general rigiditatea dielectrică restabilită este de aceeași ordine de mărime, atât pentru curenții de câteva zeci de amperi, cât și pentru curenții de ordinul a o sută de amperi, căci în acest ultim caz intensificarea suflajului este compensată printr'o creștere a ionizării reziduale. Limita de tăiere a descărcătorilor tubulari este în funcție de frecvența de oscilație liberă, cel puțin pentru curenții mai mici de 500-1000 A.

Pentru o mai bună precizare a caracteristicilor de funcționare a descărcătorilor tubulari se impune o comparație cu descărcătorii cu rezistența variabilă.

Intre descărcătorii cu rezistență variabilă și descărcătorii tubulari există deosebiri în ceeace privește forma caracteristicii tensiune-timp, tensiune reziduală, putere de scurgere, etc.

In cazul descărcătorilor tubulari, electrozii fiind distanțați, caracteristica tensiune-timp nu este atât de plată cum este caracteristica descărcărilor cu rezistență variabilă, având totuși o pantă mai mică decât aceea a izolatorilor de susținere, de traversare sau a transformatorilor. In schimb tensiunea reziduală este foarte mică, ceeace ameliorează protecția.

In privința tensiunii de amorsare, descărcătorii tubulari, ca și descărcătorii cu rezistența variabilă, sunt reglați la o tensiune cel puțin egală cu dublul tensiunii compuse a rețelei. Din acest punct de vedere descărcătorii tubulari prezintă un avantaj față de alte sisteme de protecție în sensul că, exceptând supratensiunile interne de mare amplitudine, amorsarea arcului nu produce, în mod obișnuit, distrugerea lor, ceeace se poate întâmpla în cazul descărcătorilor cu rezistență variabilă.

In cazul amorsării sub unda de șoc, nivelul de protecție a descărcătorilor cu rezistență variabilă este definit de către tensiunea reziduală, corespunzând curentului nominal de descărcare. Deoarece tensiunea reziduală a descărcătorilor tubulari este foarte mică, nivelul de protecție este fixat prin tensiunea de 50% din cea de amorsare la șoc, putându-se obține un nivel de protecție, după unii autori (10) de același ordin ca acel al descărcătorilor cu rezistență variabilă.

In realitate intervine zona de dispersiune caracteristică descărcătorilor tubulari, care face ca din acest punct de vedere descărcătorii cu rezistență variabilă să asigure o protecție mai sigură.

După amorsare, tensiunea la bornele descărcătorului scade brusc, dela valoarea tensiunii de amorsare la șoc la aceea a tensiunii reziduale inițiale, care corespunde la maximul tensiunii reziduale și reprezintă circa 15...20% din tensiunea de amorsare. Această cădere de tensiune, care are loc într'un timp scurt, poate provoca supratensiuni între spirele transformatorilor, ceeace nu are loc în cazul descărcătorilor cu rezistență variabilă la care căderea de tensiune e mai mică.

In sfârșit, față de descărcătorii cu rezistență variabilă, descărcătorii tubulari prezintă avan-

tajul că permit obținerea simultană a unei tensiuni reziduale scoborîte și scurgerea unei cantități de electricitate mari.

Nu trebue să se înțeleagă însă că, cu cât tensiunea reziduală este mai joasă, cu atâta aparatul de descărcare este mai bun, din acest punct de vedere, deoarece scoborîrea sub o anumită valoare limită poate provoca oscilații de tensiune în rețea. Aceste oscilații nu sunt în general primejdioase, însă în anumite condiții

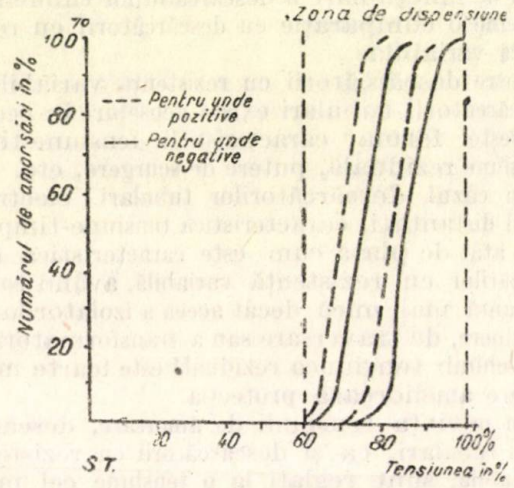


Fig. 6

capătă un caracter cumulativ, ceeace poate provoca dificultăți în exploatarea rețelelor electrice.

In ceeace privește zona de dispersiune, ea se datorește faptului că durata de amorsare nu este constantă. Această zonă de dispersiune este cu atât mai mare cu cât câmpul eclatorilor este mai puțin uniform, cum este cazul descărcătorilor tubulari. Această fluctuație rezultă din durata variabilă a stadiului de formare a efluviilor care caracterizează acești eclatori, aceste efluvii tinzând să egalizeze câmpul înainte de amorsare. Fenomenul este deci direct legat de durata de amorsare, care este relativ mare pentru eclatorii tijă, la care, pentru a accelera amorsarea, este necesar să se ridice mult tensiunea aplicată. Se poate constata, din rezultatele de laborator înregistrate, că această cauză de dispersiune poate duce la variație a tensiunilor de 27%.

Deoarece o poziție complect simetrică a eclatorilor nu este posibilă, este prudent de a se considera o ușoară diferență între două tensiuni de amortizare, de ordinul $7^0/_0$ din valoarea cea mai ridicată.

O a treia cauză de dispersiune se datorește stării de ionizare a aerului, care influențează într'o oarecare măsură asupra duratei primului stadiu de amorsare; se constată o diferență a tensiunilor de $12^0/_0$ din valoarea maximă a tensiunii.

In sfârșit pentru eclatorii montați în aer liber, cum este cazul descărcătorilor tubulari, mai intervin două cauze suplimentare ce provoacă dispersiunea tensiunii de amorsare și anume starea higrometrică a aerului și murdărirea eclatorilor. In general, creșterea umidității absolute a aerului și a murdăririi electrozilor duce la o creștere destul de sensibilă a tensiunii de amorsare la șoc a eclatorilor.

Prin diferite dispozitive de ordin constructiv se poate reduce zona de dispersiune provocată de ultimele trei cauze, care nu există în cazul descărcătorilor cu rezistență variabilă. Cu toate acestea zona de dispersiune a descărcătorilor tubulari este relativ largă, primele trei cauze putând provoca un ecart de circa $40^0/_0$ între tensiunea cea mai ridicată și cea mai joasă (fig. 6).

După cum s'a precizat, descărcătorul tubular se deosebește puțin de eclatori, în ceeace privește amorsarea arcului, cu observația că deformația câmpului este mai accentuată, deoarece intervalul de străpungere este înconjurat de un perete izolant, amorsajul fiind precedat de curenți de scurgere care au loc pe pereții interiori ai tubului. Această constatare determină pe unii autori [12] să ajungă la concluzia că descărcătorul tubular, așa cum se prezintă astăzi, nu poate fi folosit decât în aceleași condiții ca un eclator, ceeace nu este just, dat fiind că există deosebiri fundamentale în modul de funcționare a acestor aparate, ceeace dictează o comportare diferită în protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. In cazul descărcătorilor tubulari, arcul electric produs fiind stins de gazele produse, nu mai are loc întreruperea liniei, fenomen mult mai posibil în cazul eclatorilor; este evident că problema stingerii cât mai rapide a arcului electric are o importanță deosebită în protecția instalațiilor electrice.

Din punct de vedere al coordonării izolației, problema se poate pune în trei moduri diferite, așa cum se arată în fig. 7.

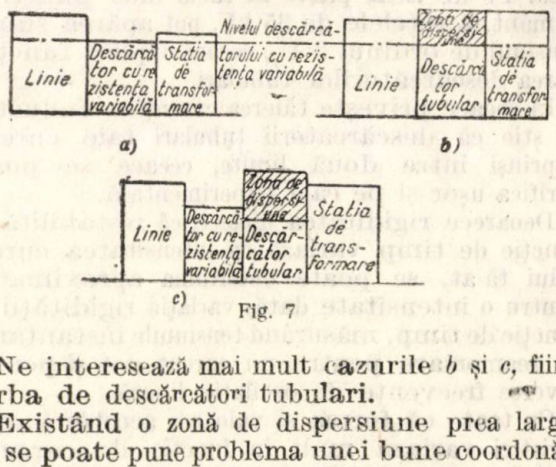


Fig. 7

Ne interesează mai mult cazurile *b* și *c*, fiind vorba de descărcători tubulari.

Existând o zonă de dispersiune prea largă, nu se poate pune problema unei bune coordonări a izolației, mai ales în cazul liniilor de tensiune înaltă. Condițiile sunt mai favorabile, din acest punct de vedere, pentru liniile de tensiune mai mică, în care raportul dintre nivelul de izolare a instalațiilor și tensiunea de serviciu, este mai mare.

Ținând seama că o serie de factori influențează în același sens tensiunea de amorsare, ar

fi util, după unii autori [12] ca să se monteze descărcători pe fiecare lanț de izolatori, singurul dezavantaj constând în faptul că soluția este oneroasă. Practica exploatării rețelelor electrice în Uniunea Sovietică a arătat că montarea descărcătorilor tubulari pe fiecare suport nu este recomandabilă fiind o sursă de avarii, ceeace este explicabil ținând seama de faptul că nu se poate asigura o funcționare sigură și uniformă a tuturor descărcătorilor tubulari pe o linie. Descărcătorii tubulari pot fi considerați ca aparate de protecție suplimentară, coordonarea făcându-se conform schemei din fig. 7 c.

Din cele expuse până acum rezultă că descărcătorii tubulari, pe lângă avantajul simplicității în construcție și a prețului redus, de care s'a amintit, asigură o funcționare sigură pentru anumite limite ale curentului de scurtcircuit, trebuind să ținem seama însă de zonele de dispersiune corespunzătoare.

Pe lângă aceste avantaje, acești descărcători prezintă și o serie de desavantaje și anume :

— Funcționarea problematică pentru curenții în afara limitelor de funcționare prevăzute, limite ce sunt în funcție și de starea de uzură. Alegerea corespunzătoare a descărcătorilor și o exploatare atentă duce la evitarea acestui desavantaj.

— Capacitatea de stingere redusă în cazul când rezistența de punere la pământ este mai mare. Din această cauză prescripțiile sovietice prevăd o anumită valoare maximă a rezistenței de punere la pământ a descărcătorului.

— Inerția mare la amorsare, ceeace reprezintă un desavantaj mai ales în cazul undelor de șoc cu pantă mare. Totodată tensiunea de amorsare este relativ ridicată, ea fiind în funcție și de starea atmosferică. Aceste desavantaje pot fi înlăturate, în bună parte, renunțându-se la simplicitatea construcției.

— Materialul izolant din care se confecționează descărcătorii fiind higroscopic, este necesar, în cazul când nu se recurge la un înveliș de porcelan, la vopsirea anuală cu un lac special, ceeace duce la dificultăți în exploatarea lui. Acest desavantaj se poate evita montând descărcătorul într'o cămașă protectoare.

Cu toate aceste desavantaje, descărcătorul tubular rămâne un aparat util pentru protecția împotriva supratensiunilor atmosferice și datorită simplicității sale se recomandă a fi folosit. Este de menționat, că practica exploatării rețelelor din Uniunea Sovietică a precizat domeniul de utilizare a descărcătorilor tubulari, existând indicațiuni în acest sens în prescripțiile privind protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.

3. REZULTATELE OBȚINUTE ÎN EXPLOATAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE PREVĂZUTE CU DESCĂRCĂTORI TUBULARI PENTRU PROTECȚIA IMPOTRIVA SUPRATENSIUNILOR ATMOSFERICE

Practica exploatării instalațiilor electrice a permis să se strângă un material extrem de util în ceeace privește rolul descărcătorilor tubulari în protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. Date de acest fel se pot găsi îndeosebi în articolele publicate în ultimul timp în revistele Electricestvo și Electriceschie Stanții [13, 14, 15, 16].

Din aceste date statistice rezultă că folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecția liniilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice este limitată, descărcătorii tubulari reprezentând adeseori o sursă de avarii. In momentul de față se poate afirma că un descărcător poate evita conturnarea izolatorilor numai la lanțul de izolatori pe care este montat. Pe de altă parte montarea descărcătorilor pe fiecare lanț de izolatori a dat rezultate negative, atât din cauza lipsurilor constructive, pe care le prezintă aceste aparate și care au fost menționate anterior, cât și din cauza dificultăților de exploatare la care duc.

Analizând rezultatele obținute în exploatarea rețelelor electrice de înaltă tensiune pe o perioadă de 3 ani, pe baza unui material documentar imens (circa 10.000 km ani) [13] se poate constata că înmulțirea numărului de descărcători tubulari montați pe linie nu îmbunătățește protecția liniilor împotriva supratensiunilor atmosferice.

Rezultatele interesante sunt publicate de Prof. V. Burgsdorf în rev. Electricestvo, No. 2, din 1949 [14], autorul ajungând la concluzia că folosirea în masă a descărcătorilor tubulari pentru protecția liniilor, nu reprezintă o soluție.

Rezultate și mai concludente se pot constata din datele statistice privind exploatarea sistemului Ivanenergo [15], redate în tabela Nr. 1.

Tabela 1

Anul	Numărul de descărcători tubulari de 6–35–100 kV, montați	Indicele keraunic mediu	Numărul de descărcători tubulari ce au funcționat buc/an	Numărul de instalații prevăzute cu întrerupători automați cu reanclanșare 6-10–35-110 kV	Numărul de descărcători cu rezistență variabilă montați, buc.	Numărul de avarii
1946	2 103	20	250	46	453	3
1947	2 126	19	178	50	462	2
1948	1 893	21	242	48	465	3
1949	1 560	27	370	62	498	4
1950	1 443	19	234	68	528	—
1951	1 359	19	80	96	570	—

Limitarea avariilor în ultimii ani se datorește în bună parte întrerupătorilor cu reanclanșare automată.

Numărul de avarii și întreruperi în rețelele de 35 și 110 kV sunt date în tabela Nr. 2.

Tabela 2

Caracterul avariilor și a întreruperilor	In rețele de 35 kV	In rețele de 110 kV
Conturnarea izolației	2	8
Avarierea descărcătorilor tubulari	3	14
Prelungirea arcului electric în descărcătorii tubulari	1	7
Alte cauze	—	10

Se poate constata, din datele care se dau, că una din cauzele avariilor și a întreruperilor este dată de descărcătorii tubulari. In cazul descărcătorilor tubulari montați în rețele cu neutrul izolat se constată adesea trecerea scurtcircuitelor monofazate în scurtcircuite bifazate, prin descărcători ; în cazul când rezistența de punere la pământ a descărcătorului este mare, arcul se stinge cu întârziere, ceeace poate duce la avarii.

Din cele menționate mai sus rezultă că folosirea în masă a descărcătorilor tubulari pentru protecția liniilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice s'a dovedit un sistem defectuos, ce reprezenta adesea o cauză de avarii. Aceste constatări au fost confirmate atât de practica exploatării instalațiilor electrice cât și de încercările de laborator care au adus o serie de precizări importante în ceeace privește funcționarea acestor aparate. Astfel s'a putut constata că, căderea de tensiune în descărcătorul tubular este mult mai mare decât cea propusă înainte, deoarece arcul are loc într'un tub de un diametru mic.

Totodată, descărcătorul tubular în anumite cazuri prelungește stingerea arcului. Se întâmplă adesea ca un trăsnet să aibe mai multe descărcări ; descărcătorul nu reușește să stingă curentul de scurtcircuit când începe o altă descărcare, ceeace prelungește și mai mult stingerea arcului. Datorită acestui fapt se recurge la mărirea timpilor de acționare a releelor, sistemul de protecție devine mai puțin selectiv, iar funcționarea aparatajului la scurtcircuite se îngreunează. Paralel cu cele menționate pot însă să apară avarii mari. Din cauza stingerii întârziate a arcului de către descărcătorul tubular, întrerupătorul începe să declanșeze. In acest timp descărcătorul stinge arcul și este din nou străpuns. Curentul de scurtcircuit ce trece prin contactele desfăcute ale întrerupătorului poate provoca distrugerea acestuia. Astfel, se menționează [21] că în sistemul energetic Celeabinsc din U.R.S.S., în baza datelor statistice constatate pe o perioadă de trei ani, 56 % din declanșările liniilor provocate de supratensiuni atmosferice se datoresc întârzierii de stingere a arcului de către descărcătorii tubulari montați pe linii.

Datorită acestor considerațiuni pare puțin rațional ca descărcătorii tubulari să fie fixați pe toată lungimea liniei, domeniul de utilizare a acestor aparate fiind limitat la anumite puncte ale instalațiilor electrice.

Problema cea mai dificilă în exploatarea descărcătorilor tubulari este datorită faptului că, materialul izolant al tubului, fiind higroscopic, este necesară lăcuirea periodică a suprafeței exterioare a tubului.

In sfârșit în exploatarea descărcătorilor tubulari se pune problema verificării lor periodice și a înregistrării numărului de funcționare a descărcătorului, existând în acest scop diferite tipuri de contoare. Nu vom intra în aceste probleme, care privesc exploatarea, menționând că ele reprezintă o preocupare continuă a tehnicienilor [22, 23, 24, 25, 26, 27].

4. MODALITĂȚILE DE ECHIPARE A DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI ȘI SOLUȚIILE CE SE RECOMANDĂ

Din recomandările literaturii tehnice și mai ales după indicațiile prescripțiilor privind protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice, rezultă că montarea descărcătorilor tubulari este necesară în următoarele puncte [7, 14, 18, 19, 28] :

a) *In cazul protecției liniilor electrice*

Descărcătorii tubulari se montează la intersecția liniilor electrice de 20 kV și mai mult cu liniile de tensiune mai mică sau cu liniile de telecomunicații, și anume pe suporții ce mărginesc intersecția liniilor. In cazul intersecțiilor a două linii de înaltă tensiune (dela 20 kV în sus), se recomandă ca descărcătorii tubulari să se monteze pe suporții ambelor linii ce mărginesc intersecția. Rolul descărcătorilor tubulari este de a evita formarea de arcuri electrice, în cazul unei lovituri de trăsnet, între cele două linii, precum și pentru a evita distrugerea izolatorilor. In cazul când linia care intersectează este prevăzută cu conductori de protecție, sau în cazul când distanța dintre conductorii liniilor ce se intersectează este mai mare decât o anumită valoare minimă, montarea descărcătorilor nu mai este necesară.

Montarea descărcătorilor tubulari este necesară și pe suporții având izolația slăbită (suporții pentru rotirea fazelor, suporții metalici la o linie pe suporți din lemn, etc.).

b) *In cazul protecției stațiilor de conexiune și de transformare*

Rolul descărcătorilor tubulari montați la intrarea liniilor aeriene în stații, sau chiar pe cadrul stației, este de a proteja aparatajul liniei respective (separatori, întrerupători), când

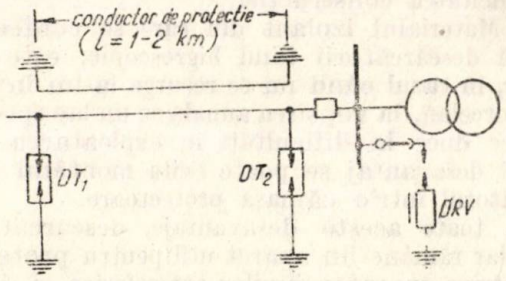


Fig. 8

aceștia sunt în poziție deschisă, ceeace duce la reflexia undelor de supratensiune și deci la mărirea amplitudinii lor, precum și de a micșora amplitudinea undelor de supratensiune ce vin de pe linie, nepermițând pătrunderea undelor de supratensiune cu amplitudini prea mari la descărcătorii cu rezistență variabilă, montați în mod obișnuit pe barele stației.

In cazul când liniile aeriene, legate la stații sunt prevăzute cu conductori de protecție pe toată lungimea lor, descărcătorii tubulari se montează numai pe suportul la care se oprește

conductorul de protecție (eventual pe cablul stației). La liniile prevăzute cu conductorii de protecție numai la intrarea lor în stații, descărcătorii tubulari se montează, pe suporții dela capetele conductorului de protecție (fig. 8). In cazul când liniile aeriene nu au conductori de protecție, se vor prevedea două grupuri de descărcători, primul montându-se în imediata apro-

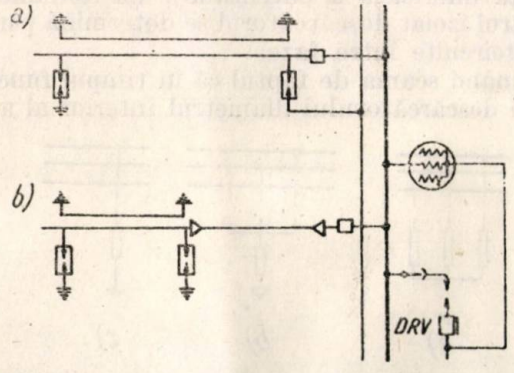


Fig. 9

piere a stației, sau la manșonul terminal al cablului (în cazul când ieșirile liniilor se fac în cablu), iar al doilea grup la 100...200 m de primul grup (fig. 9).

c) *Protecția mașinilor electrice ce alimentează direct liniile aeriene*

Protecției mașinilor electrice ce alimentează direct linii aeriene, este necesar să i se acorde o atenție deosebită, deoarece supratensiunile de natură atmosferică pot duce la avarierea mașinilor.

In cazul când puterea generatorilor este mai mică decât 3 000 kW, protecția împotriva supratensiunilor atmosferice se face conform figurii 10 a, unde se pot vedea punctele unde se montează descărcătorii tubulari.

Generatorii a căror putere este cuprinsă între 3 000 kW și 12 000 kW exclusiv, pot alimenta linii aeriene la tensiunea barelor, numai dacă legarea liniilor se face prin intermediul unui cablu de cel puțin 100 m lungime, iar liniile sunt prevăzute cu conductori de protecție lungi

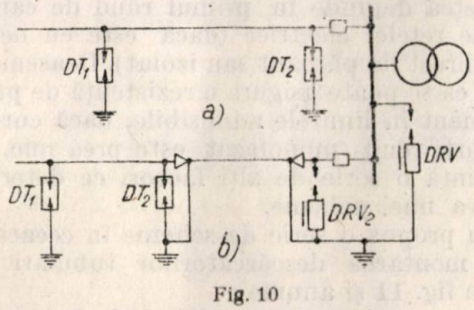


Fig. 10

de cel puțin 300 m. Pe suportul unde începe conductorul de protecție, ca și la manșonul terminal al cablului, se montează descărcători tubulari (fig. 10 *b*).

Alegerea intervalului de străpungere exterior este de o importanță deosebită. După indicațiile date în literatura tehnică sovietică, mărimea intervalului exterior trebue astfel aleasă, încât caracteristica volt-secundă a descărcătorului să fie cu circa 25% sub caracteristica rețelei de protejat; valorile intervalului exterior de străpungere sunt date în prescripții [18]:

Funcționarea descărcătorilor DT_1 poate reprezenta, în anumite condiții, o sursă de avarii, din cauza tăierii brusce a tensiunii, la funcționarea lor, în imediata apropiere a transformatorilor. Pe de altă parte, este de evitat funcționarea descărcătorilor tubulari la supratensiuni de origină internă, care — în cazul rețelelor cu neutrul izolat — pot atinge valoarea de 3 U_f, după cum s'a menționat mai sus. In cazul rețelelor cu neutrul legat la pământ, se constată deasemeni funcționarea descărcătorilor tubulari la supratensiuni interne, produse la declanșarea liniilor puțin încărcate [7]. Din aceste motive, unii autori [7, 28] au propus următoarele valori pentru intervalele de străpungere exterioare:

linii de 35 kV, DT_1 — 100 mm și DT_2 — 120 mm
linii de 110 kV, DT_1 — 350 mm și DT_2 — 400 mm

La montarea descărcătorilor tubulari, este necesar să se țină seama și de alte elemente, care influențează buna funcționare a acestor aparate și anume:

— care sunt, aproximativ, valorile tensiunilor reziduale, corespunzătoare curentului maxim și minim;

— valoarea curentului maxim;

— valoarea curentului minim cu specificare până la ce mărime a diametrului interior se garantează funcționarea descărcătorului la această valoare a curentului;

— caracteristica volt-secundă specificată, dacă se poate pentru fiecare micro secundă;

— schema de montare a descărcătorilor tubulari.

La aceasta ar trebui să se adauge cunoașterea frecvenței proprii a rețelelor, pentru a se verifica funcționarea descărcătorilor din acest punct de vedere, element mai greu de stabilit, mai ales că de cele mai multe ori nu avem dependența funcționării descărcătorilor în funcție de frecvența proprie a rețelelor electrice.

In ceeace privește tensiunea reziduală, experiențele de laborator au arătat că în sistemele cu neutrul legat la pământ printr'o reactanță relativ mică, maximul tensiunii reziduale era cuprins între 1,5 și 1,75 U, dacă rezistența de punere la pământ era zero, U fiind tensiunea între faze. Valoarea 1,75 se referă mai mult la sistemele de tensiune foarte înaltă. Totodată este necesar să se menționeze că legarea neutrului printr'o reactanță mărește timpul necesar pentru atingerea valorii maxime [5].

De altfel, determinarea exactă a tensiunii reziduale nu are o importanță atât de mare pentru descărcătorii tubulari ca pentru întreruptători. Dificultățile mai mari sunt la determinarea curbei de restabilire a rigidității dielectrice a descărcătorului, acest factor depinzând de o serie de parametri greu de încadrat

în relații matematice, ca materialul și tipul de construcție a tubului, distanța între electrozi, diametrul interior al tubului, presiunea gazelor și valoarea curentului de scurtcircuit.

In ceeace privește diametrul interior, acesta se mărește după un anumit număr de funcționări al descărcătorului. Mărirea diametrului interior depinde de locul de montare al descărcătorului. Descărcătorii montați pe liniile cu conductori de protecție, funcționând mai rar, vor suferi modificarea diametrului interior într'o măsură mult mai mică ; în schimb, la descărcătorii montați pe liniile la intrări în stații, pe suporți de lemn, fără conductori de protecție, datorită deselor funcționări la care sunt supuși, se constată după un timp relativ scurt o creștere apreciabilă a diametrului interior (circa 7%), ceeace modifică mult curba de restabilire a rigidității dielectrice a tubului.

De aci rezultă, că pentru alegerea unui descărcător tubular nu este suficient a se cunoaște valoarea exactă a curèntului de scurtcircuit în punctul respectiv, dar și toate caracteristicile acestuia (valoarea tensiunii reziduale, a curbei de restabilire a rigidității dielectrice, etc.), mai ales în cazul unei rețele unde se impune montarea unor relee selective și cu timp de acționare redus.

Pentru a se putea ști dacă arcul va fi sau nu stins, se suprapune curba de restabilire a rigidității dielectrice, pe toată perioada de timp de funcționare, peste curba tensiunii reziduale. Până acum nu s'a reușit însă să se determine, cu suficientă precizie, curbele menționate mai sus pentru descărcătorii de fabricație industrială, astfel încât alegerea lor se face după criterii incomplecte.

Paralel cu modalitățile de echipare a descărcătorilor tubulari pe rețele electrice, interesează alegerea schemelor de montare a acestora.

Descărcătorul tubular trebue astfel ales încât limita superioară a curentului ce poate fi întrerupt să fie mai mare decât valoarea curentului de scurtcircuit maxim ce poate lua naștere în punctul de montare al descărcătorului, iar limita inferioară să fie sub valoarea minimă a curentului de scurtcircuit.

Pentru determinarea curenților limită se iau în considerare reactanțele subtranzitorii, deoarece descărcătorul se referă la valoarea instantanee a curentului de scurtcircuit. Natural, este necesar să se ia în considerare componenta aperiodică a curentului de scurtcircuit. In ceeace privește influența componentei periodice, practic ea duce la creșteri ale curentului de scurtcircuit în prima semiperioadă de max. 70%, dar de obicei mai puțin. Indicațiunile călăuzitoare sovietice recomandă, în cazul când nu se efectuează un calcul exact, să se adopte coeficientul 1,5 pentru punctele apropiate de generator și 1,3 pentrn punctele îndepărtate [19].

Creșterea valorii minime a curentului este necesară pentru determinarea diametrului interior al descărcătorului. La calculul curentului minim se va ține seama numai de componenta periodică a curentului de scurtcircuit, luând în considerare și rezistența de punere la pământ care uneori poate influența destul de mult curentul de scurtcircuit.

La determinarea curenților de scurtcircuit se va lua în considerare regimul de funcționare maxim de vară (pentru limita superioară a curentului) și de regimul minim de vară (pentru limita inferioară a curentului). La sistemul cu neutrul izolat descărcătorul se determină pentru scurtcircuite între faze.

Ținând seama de faptul că în timpul funcționării descărcătorului diametrul interior al aces-

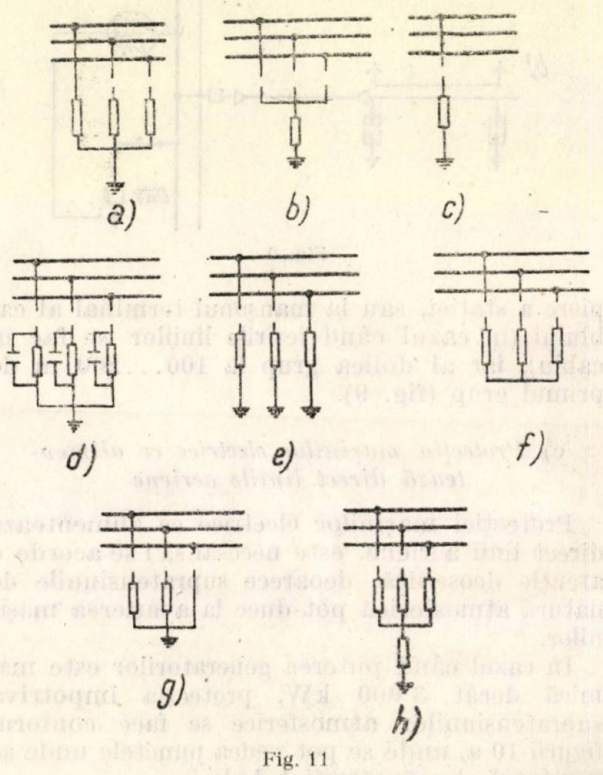


Fig. 11

tuia se mărește și tot intervalul de curenți ce pot fi tăiați se modifică în sensul măririi lor, este rațional să se aleagă descărcătorii astfel încât să fim asigurați de funcționarea lor la valoarea minimă a curenților.

Schema de montare a descărcătorului tubular la o rețea depinde în primul rând de caracteristicile rețelei electrice (dacă este cu neutrul legat direct de pământ sau izolat). Deasemenea, faptul că se poate asigura o rezistență de punere la pământ în limitele admisibile, dacă curentul de scurtcircuit monofazat este prea mic, etc., reprezintă o serie de alți factori ce determină alegerea unei scheme.

S'au propus o serie de scheme în ceeace privește montarea descărcătorilor tubulari [20], date în fig. 11 și anume :

Schema a — Descărcătorii tubulari sunt montați pe fiecare fază și au o punere la pământ comună. Această schemă, folosită cel mai mult, se recomandă în deosebi la intrarea liniilor în stații.

Schema b — Pentru toate 3 faze se folosește un singur descărcător care se montează prin

intermediul a 3 intervale exterioare. Valoarea intervalului exterior şi a rezistenţei de punere la pământ trebue astfel aleasă, ca să se evite posibilitatea conturnărilor inverse după străpungerea unui interval exterior prin punere la pământ la o altă fază neavariată. Această schemă, propusă de Dolghinov şi E. Grois se foloseşte numai în cazul liniilor de 110 kV pe suporţi din lemn, când se cere montarea descărcătorilor pe fiecare suport. Cum acest sistem de protecţie a liniilor nu se recomandă, schema *b* de montare a descărcătorilor tubulari este puţin folosită.

Schema c — Descărcătorul tubular se montează numai la o singură fază şi anume aceea corespunzătoare conductorului situat deasupra celorlalţi doi conductori ai liniei; se presupune că acest conductor preia majoritatea loviturilor de trăsnet. Izolaţia dintre conductori, ca şi rezistenţa de punere la pământ a descărcătorului, se alege astfel încât să se evite conturnările inverse.

Schema d — Descărcătorii sunt shuntaţi printr'o capacitate suplimentară. Capacităţile montate scad valoarea tensiunii de amorsare. Schema aceasta se recomandă în cazul liniilor cu izolaţie redusă având tensiunea până la 35 kV, inclusiv, şi anume la intrarea în staţie. Drept capacităţi se folosesc izolatorii suporţi (uneori şi izolatorii lanţ). Legând în paralel cu un descărcător tubular de 35 kV un izolator-suport, tensiunea de amorsare scade, în cazul unui interval exterior de 6—8 cm, cu 20—25%. De altfel pentru unde cu o pantă mare influenţa capacităii scade.

Schema e — Descărcătorii sunt montaţi pe fiecare fază având punere la pământ separată. Schema aceasta folosită mai rar se recomandă pentru cazul când curentul de scurtcircuit depăşeşte limita superioară a curentului tăiat de descărcător. In acest caz, în circuit intervine şi rezistenţa de punere la pământ.

Schema f — Descărcătorii sunt montaţi pe toate fazele fără să fie legaţi de pământ. Această schemă are o utilizare cu totul redusă, folosindu-se uneori pe suporţii de lemn de rotire a fazelor, când izolaţia între faze este redusă, sau în cazul montării descărcătorilor tubulari la suporţii din lemn în regiuni cu o rezistenţă a solului deosebit de mare.

Schema g — Descărcătorii sunt montaţi numai pe două faze; pe faza a treia se montează numai un eclator. Schema aceasta se poate folosi la reţelele cu neutrul izolat. Pe toate reţelele legate galvanic, o aceeaşi fază trebue prevăzută cu un eclator.

Schema h — Pe fiecare fază se montează un descărcător iar pe conductorul de punere comună la pământ se montează. un al patrulea descărcător. Schema se foloseşte în cazul când valoarea curentului de scurtcircuit monofazat la pământ este atât de mică faţă de cel trifazat, încât un singur descărcător nu poate cuprinde toată gama de curenţi de scurtcircuit din acel punct.

Pentru diferite scheme de montaj este necesar să fie luaţi în considerare curenţii de scurtcircuit care trec prin descărcător.

In schemele *a* şi *d* (fig. 11) cu descărcătorii tubulari montaţi pe fiecare fază şi cu o punere la pământ comună, se vor considera curenţii de scurtcircuit monofazaţi, bifazaţi şi trifazaţi. Aceleaşi afirmaţii sunt juste şi în cazul schemelor *g* şi *e*.

In cazul schemei *b* cu un singur descărcător pe toate trei faze şi al schemei *c*, cu un singur descărcător montat la o fază, se calculează numai scurtcircuite monofazate.

In schema *f*, pentru care descărcătorii tubulari sunt legaţi la pământ, se iau în considerare scurtcircuite bifazate şi trifazate.

In cazul schemei *h* descărcătorii tubulari, montaţi pe fiecare fază, se aleg în funcţie de scurtcircuitele bi- şi trifazate iar descărcătorul montat în derivaţie, pentru scurtcircuite monofazate.

In toate cazurile (excepţie făcând schema *e*) scurtcircuitele bifazate şi trifazate se consideră neluând în considerare nici o rezistenţă din circuitul descărcătorului, iar la determinarea scurtcircuitelor monofazate se ia în calcul rezistenţa de punere la pământ.

Pentru schema *e*, rezistenţa de punere la pământ se consideră şi în cazul scurtcircuitelor bi- sau trifazate.

In practieă, montarea descărcătorilor tubulari se face în mod obişnuit după schema *a*. In cazuri speciale, dela caz la caz, se folosesc celelalte scheme.

In exploatarea reţelelor electrice se constată că pot funcţiona pe aceeaşi fază simultan doi sau mai mulţi descărcători tubulari. Dacă s'ar ţine seama de acest fenomen în calculele pentru alegerea descărcătorilor tubulari ar exista prea multe criterii şi determinarea tipului celui mai recomandabil s'ar face foarte greu. Deoarece însă două arcuri electrice în paralel nu sunt stabile, se poate considera că în prima semiperioadă arcul se stinge în primul descărcător, iar apoi curentul total de scurtcircuit este tăiat de descărcătorul următor, fapt ce se poate constata şi în practică.

5. PRINCIPIILE DE PROIECTARE A DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI

Pentru a putea preciza principiile de proiectare a descărcătorilor tubulari este necesară o detailare a caracteristicilor de construcţie şi funcţionare a acestora.

Unul dintre elementele de bază a uni descărcător tubular este caracteristica sa volt-secundă. Deoarece este necesar ca tensiunea de amorsare să depindă cât mai puţin de timpul respectiv, caracteristica volt-secundă trebue să fie cât mai aplatizată. De menţionat însă, ca în cazul protecţiei staţiilor de transformare cu ajutorul descărcătorilor tubulari, o caracteristică volt-secundă aplatizată prezintă desavantajul în sensul că tăierea tensiunii de către descărcătorul tubular dă naştere în primele înfăşurări ale

transformatorilor la un gradient de tensiune relativ mare. Această dificultate poate fi înlăturată printr'o dimensionare corespunzătoare a izolației înfășurărilor.

De menționat că, caracteristica volt-secundă a unui descărcător tubular este mai plată decât caracteristica corespunzătoare a izolației exterioare, astfel încât coordonarea între aceste două caracteristici este asigurată cu suficientă rezervă și pentru timpi de descărcare mici. De obicei pentru tensiuni de impuls minime, tensiunea de descărcare a descărcătorului tubular se ia cu 15...20% mai mică decât tensiunea de amorsare a izolației de protejat.

Una dintre măsurile cele mai eficace pentru îmbunătățirea caracteristicilor volt-secundă a descărcătorilor tubulari constă în micșorarea intervalului interior.

Alegerea intervalului exterior al descărcătorului tubular prezintă o importanță deosebită, acest element influențând în mod defavorabil asupra caracteristicii volt-secundă, ceeace de altfel determină limita superioară a acestui interval. Deoarece intervalul interior este determinat în primul rând de condițiile de stingere ale arcului electric, reglarea caracteristicii tensiunii de descărcare se face prin reglarea intervalului exterior.

O micșorare a intervalului exterior nu este de dorit nu numai din cauză că suprafața exterioară a descărcătorului tubular este supusă uzurii, dar și din cauză că în sistemele cu neutrul legat la pământ prin bobine de stingere, în cazul unor intervale exterioare mici, la punerea la pământ a unei faze pot lua naștere prin descărcător scurtcircuite bifazate.

Pentru simplificarea calculelor, caracteristica volt-secundă a descărcătorului tubular, în cazul unei unde de șoc standardizate, poate fi exprimată (după propunerea ing. Cudinov E. L.) din relația empirică [20]:

$$U = U_0 \sqrt{1 + \frac{T}{I\alpha}}$$

unde U este tensiunea de amorsare în kV; U_0, T, α sunt parametrii ce depind de tipul descărcătorului, U_0 putând fi considerat ca tensiunea de amorsare pentrn un timp infinit. Valoarea acestor coeficienți pentru câteva tipuri de descărcători (după datele laboratorului de înaltă tensiune Smurov din Leningrad) este dată în tabela Nr. 4.

Pentru proectarea propriu zisă a descărcătorului tubular interesează: distanța dintre electrozi, diametrul interior al tubulni, diametrul exterior și lungimea totală a tubului.

Valoarea intervalului interior (distanța dintre electrozi) este determinată în primul rând de tensiunea de amorsare, de alegerea unei anumite caracteristici volt-secundă, de tensiunea liniei precum și de o serie de elemente dificil de determinat (caracteristicile materialului din care se confecționează tubul, dimensiunile diametrului interior, etc.). Pentru îmbunătățirea caracteristicii volt-secundă se folosesc ecrane legate la electrodul ce se pune la pământ, apropiindu-se astfel cei doi electrozi. La unii descărcători se fixează în spațiul dintre cei doi electrozi un inel metalic, ceeace mărește neuniformitatea câmpului. Este de menționat că problema influenței ecranelor asupra fenomenului de stingere al arcului electric este puțin studiată.

Diametrul exterior și grosimea tubului se determină în funcție de presiunea maximă care ia naștere la degajarea gazelor; presiunea gazelor produse depinde de intensitatea curentului, de diametrul interior al tubului, de lungimea acestuia, dacă există sau nu camera specială de suflaj, de dimensiunile orificiului de evacuare a gazelor. Date practice în această direcție sunt foarte puține.

Lungimea tubului se alege astfel încât să se evite conturnarea descărcătorului.

Caracteristicile mecanice ale tubului, cantitatea de gaze ce se evacuează, uzura tubului și mărirea diametrului interior depind de materialul din care se confecționează descărcătorul ca și de tehnologia fabricației acestuia. Materialul izolant din care este format tubul descărcătorului se fabrică, în mod obișnuit, din hârtie îmbibată cu $ZnCl_2$; la spargere fibra prezintă un aspect compact. Tuburile din fibră sunt acoperite cu hârtie bachelizată. La verificare ele sunt supuse la o presiune de 450 kg/cm² și la o tensiune de 2 kV_{ef} pe 1 cm de lungime, pe timp de 5 minute.

Descărcătorii tubulari se mai confecționează și din plexiglas. Plexiglas-ul degajă o mare cantitate de gaze, nu necesită ca suprafața exterioară să fie acoperită cu lac și are o rezistență mecanică destul de mare. Defectele în descărcătorii tubulari din plexiglas sunt însă mult mai numeroase ca la cele din fibră.

Deoarece descărcătorii tubulari au o caracteristică de funcționare suficient de bine precizată (în primul rând interesează caracteristica volt-secundă) și două limite a curenților ce pot fi

Tabela 4

Valoarea coeficienților U_1, T, α

Tipul descărcătorului	Intervalul interior mm	Valoarea coeficienților					
		Impuls de polaritate pozitivă			Impuls de polaritate negativă		
		U_0	T	α	U_0	T	α
DT 110/1,2—7	250	334	2,24	1,6	350	2,24	1,6
	300	856	2,24	1,6	390	2,24	1,6
	350	380	2,24	1,6	418	2,24	1,6
	400	400	2,24	1,6	442	2,24	1,6
DT 110/0,8—5	250	350	2,0	1,3	380	2,0	1,8
	350	405	2,0	1,3	435	2,0	1,8
DT 35/1,8—10	100	160	1,4	2,0	166	1,4	2,0
	50	136	1,4	2,0	136	1,4	2,0
DT 35/0,8—5	100	180	1,4	2,0	180	1,4	2,0
	50	150	1,4	2,0	150	1,4	2,0
DT 35/1,5-1,5	100	152	1,8	1,4	175	1,2	2,0
	50	138	1,2	2,0	138	1,3	2,0
DT 6/0,3—7	8	60	1,2	2,0	60	1,2	2,0

tăiați, nu se poate admite utilizarea unui descărcător a cărui caracteristici nu sunt cunoscute sau în cazul când nu s'au determinat valorile curenților de scurtcircuit ce apar în punctul de montare a descărcătorilor. Folosirea acestor descărcători poate să devină una din cauzele de avariere a instalațiilor electrice ce urmează a fi protejate. In cazul fabricării pentru prima dată a anumitor tipuri de descărcători, determinarea caracteristicilor de funcționare nu se poate face decât în laborator, fiind necesară, în acest scop, o instalație corespunzătoare. Deoarece se pune problema să se determine în primul rând limita maximă și minimă a curenților ce pot fi tăiați de descărcător, este necesară o instalație analoagă aceleia cu care se verifică puterea de rupere a întrerupătorilor.

In consecință, fără cunoașterea caracteristicilor de funcționare a descărcătorilor tubulari, precum și a valorilor curenților de scurtcircuit, în punctul de montare a descărcătorilor, folosirea lor nu este rațională, neasigurându-se în acest caz condițiile unei bune protecții.

Bibliografie

1. *P. A. Iuricov* : Gradul de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de 110 kV. Electr. Stanții Nr. 9 — 1950.
2. *J. Saint-Germain* : Le role de parafoudres dans la coordination de l'isolement. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr. Sept. 1949, pag. 482.
3. *A. Avramescu* : Protecția contra supratensiunilor atmosferice. Electricitatea Nr. 1, 1952.
4. *A. Popa* : Descărcătorii tubulari. Electrotehnica Nr. 1—2, 1953.
5. *L. Sirotinschi* : Tehnica tensiunilor înalte, Vol. III, Moscova 1946.
6. *A. I. Mihailov* : Calculul și construcția aparatelor electrice de înaltă tensiune, Moscova — 1950.
7. *P. A. Iuricov* : Despre intervale de străpungere exterioare ale descărcătorilor tubulari. El. Stanții Nr. 2, 1953.
8. *V. Brenner* : Les parafoudres a expulsion utilisés pour la protection economique des postes de transformation ruraux et des lignes à moyenne et à haute tension. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr., Mars 1949, pag. 125—137.
9. *Charles Ledoux* : Quelques aspects particuliers du problème des parafoudres. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr., Nov. 1949, pag. 579—582.
10. *B. Fernier* : Les parafoudres à expulsion. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr. Nov. 1949, pag. 583—595.
11. — Löschrohrableiter — Siemenszeitschrift, Mars 1939, pag. 147.
12. *S. Teszner* : Les parafoudres et les eclateurs de coordination des isolaments. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr. Nov. 1949, pag. 596—606.
13. *V. V. Burgsdorf* : Protecția liniilor aeriene de transport și practica exploatării lor — Exploatarea liniilor aeriene de transport, Culegere de articole, GEI, Moscova, 1952.
14. *V. V. Burgsdorf* : Cercetări privind protecția împotriva supratensiunilor atmosferice a sistemelor energetice, Electricestvo Nr. 2, 1949.
15. *P. A. Juricov* : Gradul de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de transport de 220 și 110 kV. El. Stanții 1949.
16. *V. V. Burgsdorf, Gersengorn* și *Magidson* : Analizarea avariilor datorită supratensiunilor atmosferice și declanșările datorite lor din anul 1946. Electr. Stanții Nr. 5, 1947.
17. *P. V. Bogoslovschi* și *M. M. Necrasov* : Experiența protecției contra supratensiunilor atmosferice. Electr. Stanții Nr. 6 — 1952.
18. — Prescripții pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice, M.E.E.I.E.
19. — Indicațiuni călăuzitoare privind protecția împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de transport de 3—220 kV. GEI — 1946.
20. *E. Grois* : Modalitatea efectuării protecției contra supratensiunilor atmosferice și exploatarea lor. GEI, Moscova — 1946.
21. *P. A. Rabkin* : Problema protecției liniilor de înaltă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice, cu ajutorul contrafișelor de coordonare a izolației. Electricestvo Nr. 7, 1951.
22. *N. Sipov* : Protecția contra supratensiunilor a liniilor de transport. Electr. Stanții Nr. 7 — 1952.
23. *V. Solodiuc* și *M. Soloviev* : Incercarea descărcătorilor tubulari. Electr. Stanții Nr. 2, 1952.
24. *P. Andriuscenco* : Indicator de funcționare a descărcătorilor tubulari — Rabocii Energetic Nr. 2 — 1952.
25. *Cruglicov* : Dispozitiv pentru revizuirea descărcătorilor tubulari — Rabocii Energetic Nr. 6 — 1951.
26. *V. Cucuasnai* : Din experiența reparării descărcătorilor tubulari — Rabocii Energetic Nr. 6 — 1952.
27. *M. V. Homiacov* : Folosirea emailului PHV — 26 pentru acoperirea izolației de bachelită. Rabocii Energetic Nr. 6 — 1952.
28. *F. A. Lihacev* : Alegerea intervalelor de străpungere exterioare la descărcătorii tubulari din rețelele de 35 și 110 kV. El. Stanții Nr. 1, 1953.
29. *Ing. D. Marc* : Pe marginea articolului „Descărcătorii tubulari" de ing. A. Popa. Electrotehnica Nr. 7, 1953.

★

ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБЧАТЫХ РАЗРЯДНИКОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Резюме

В статье изложены основные принципы, на которых основывается применение трубчатых разрядников для защиты электроустановок от атмосферных перенапряжений, описана их конструкция и работа, приведены эксплуатационные результаты, способы монтажа для различных случаев их применения, а также принципы проектирования.

BAZELE TEHNICO-ECONOMICE ALE PROGRAMULUI DE IMBUNĂTĂȚIRE A FACTORULUI DE PUTERE

de prof. dr. ing. GH. PETRESCU

Se examinează în acest al patrulea articol din seria privind aspectele tehnico-economice ale problemei factorului de putere, bazele îmbunătățirii acestuia: limitele, mijloacele speciale, criteriile de alegerea instalației, amplasamentul, etc. Se insistă asupra echivalentului economic al puterii reactive și asupra principiilor de bază ale programului de ansamblu al lucrărilor de îmbunătățire a factorului de putere.

Intr'o serie de trei articole publicate în numerele anterioare ale acestei reviste [2]), s'au arătat care sunt cauzele și efectele scăderii factorului de putere, care sunt măsurile tehnico-organizatorice pentru corectarea factorului de putere natural al receptorilor și care sunt mijloacele speciale de ridicare a factorului de putere al rețelei electrice.

In cadrul prezentului articol, se vor examina principiile care stau la baza programului de îmbunătățire a factorului de putere și anume:

a) Limitele în care este avantajoasă îmbunătățirea factorului de putere în diferitele cazuri uzuale, întâlnite în practica industrială.

b) Care dintre mijloacele de îmbunătățire cunoscute sunt cele mai indicate în fiecare din aceste cazuri, ținându-se seama de posibilitățile noastre de fabricație și de import.

c) Care este amplasamentul cel mai favorabil pentru instalațiile corespunzătoare, în fiecare din aceste cazuri.

d) Care sunt principiile pe care trebue să se bazeze programul de ansamblu al lucrărilor de îmbunătățire a factorului de putere.

ECHIVALENTUL ECONOMIC AL PUTERII REACTIVE

După cum s'a arătat în articolele precedente existența unui factor de putere redus antrenează o serie de efecte dăunătoare pentru exploatările de producere, transport și distribuție a energiei electrice, dintre care cele mai importante sunt pierderile de energie produse în instalații.

Pentru a determina adoptarea de măsuri care să conducă la mărirea factorului de putere, se recurge de multe ori la tarifarea energiei reactive sau la aplicarea de tarife speciale pentru energia reală, care să țină seama de valoarea factorului de putere.

Datorită acestor tarife, costul energiei electrice furnizată este mărit într'o anumită proporție, justificată în principiu de efectele dăunătoare pe care le antrenează pentru întreprinderea de electricitate producerea și transportul puterii reactive.

Pentru a evita această ridicare de preț, consumatorul de energie electrică este determinat să utilizeze instalații de compensare a puterii reactive, pentru a reduce consumul de putere reactivă. Ca o consecință, îmbunătățirea factorului de putere este condiționată de un calcul de rentabilitate între plata energiei cu un tarif mai ridicat și mărirea cheltuelilor de exploatare rezultând din introducerea instalațiilor de compensare.

In țara noastră, tarifele aplicate în trecut asupra energiei reactive fiind relativ reduse, nu au condus la introducerea de măsuri de îmbunătățire a factorului de putere decât în cazuri foarte rare.

In U.R.S.S., pentru a se stimula îmbunătățirea factorului de putere, s'a aplicat următorul sistem de tarifare:

— Dacă factorul de putere este mai mare decât 0,75, abonatul beneficiază de o reducere corespunzătoare (de ex.: 18% din costul energiei electrice pentru cos $\varphi = 0{,}9$).

— Dacă factorul de putere este mai mic decât 0,75, abonatul plătește o majorare (spre exemplu: 75% din costul energiei electrice pentru cos $\varphi = 0{,}5$; 150% din costul energiei electrice pentru cos $\varphi = 0{,}45$).

Tarifele bazate pe energia reactivă sunt însă identice pentru toate instalațiile care funcționează sub aceeași tensiune, fără a ține seama de efectele dăunătoare ale puterii reactive, care există în realitate și care pot fi diferite dela un caz la altul, după cum alimentarea este făcută direct dela centrală sau trecând prin mai mulți transformatori intermediari și prin mai multe linii de transmisie. Deasemeni, efectele dăunătoare produse de puterea reactivă furnizată unui consumator depind și de valoarea puterii reactive absorbită de ceilalți consumatori, adică de valoarea factorului de putere existent al rețelei, în punctul considerat. Deaceea, criteriul tarifar poate conduce la adoptarea unor măsuri de îmbunătățire în anumite cazuri când efectele dăunătoare nu ar justifica aceste măsuri și dimpotrivă, să mențină situația neschimbată în anumite cazuri când această situație creează totuși prejudicii serioase.

---

[2]) Cauzele și efectele scăderii factorului de putere în rețelele electrice, Revista „Energetica" Nr. 3/1953.

[2]) Măsurile tehnico-organizatorice pentru îmbunătățirea factorului de putere natural al recptorilor din rețelele electrice, Revista „Energetica" Nr. 5/1953.

[2]) Mijloace speciale de îmbunătățire a factorului de putere în rețelele electrice. Revista „Energetica" Nr. 7/1953.

Pe de altă parte, cea mai mare parte din consumatori nu au competența și nici nu dispun de elementele necesare pentru a alege măsurile cele mai indicate din punct de vedere tehnic și economic pentru îmbunătățirea factorului de putere.

Deasemeni, pentru un același procedeu de compensare a puterii reactive și pentru o aceeași proporție de îmbunătățire relativă a factorului de putere, eficacitatea mijloacelor de îmbunătățire poate să fie complet diferită, depinzând de schema de alimentare și chiar de caracteristicele instalațiilor de furnizare a energiei electrice, în fiecare caz în parte.

Ar părea deci că este mai rațional ca adoptarea măsurilor de îmbunătățire a factorului de putere să fie condiționată de un calcul de rentabilitate bazat în mod real pe evaluarea efectelor dăunătoare cauzate de puterea reactivă.

Stabilirea unor evidențe precise a tuturor factorilor care pot interveni într'un asemenea calcul de rentabilitate constitue însă o problemă foarte complicată și foarte dificilă.

Deaceea, în practica industrială din U.R.S.S., se preferă a nu se face uz de calcule detailate, ci a se folosi procedee mai simple, având la bază așa numitul echivalent economic al puterii reactive.

Echivalentul economic al puterii reactive într'un punct al rețelei de alimentare reprezintă puterea activă consumată pentru a se putea realiza producerea și transportul puterii reactive din centrală până la acel punct.

Pentru un sistem de compensare a puterii reactive, echivalentul economic reprezintă diferența de pierderi în generatori și în rețeaua de alimentare dela generator până la receptorul considerat, între situația care corespundea înainte și după adoptarea acelui sistem de compensare.

Dacă se notează cu I_{r1} și I_{r2} curenții absorbiți înainte și după compensare și cu R rezistența rețelei dela generator până la receptor, se poate scrie :

$$p = 3R\,(I_{r_1}^2 - I_{r_2}^2)$$

sau

$$p = \frac{\sqrt{3}R}{U}\,(I_{r1} + I_{r2})\,(I_{r1} - I_{r2})\,\sqrt{3}U$$

dar $\sqrt{3}UI_{r1} - \sqrt{3}UI_{r2} = Q$ reprezintă puterea reactivă furnizată de dispozitivul de compensare.

In cazul când $Q = 1$ kvar, I_{r1} și I_{r2} au valori apropiate și se poate scrie :

$$I_{rs} + I_{r2} = 2I \sin \varphi$$

în care I reprezintă curentul în rețea și φ unghiul de decalaj față de tensiune, înainte de aplicarea dispozitivului de compensare.

In consecință, notând cu $\frac{\sqrt{3}RI}{U} = \Delta\, U_R\,\%$, valoarea procentuală a căderii de tensiune în rezistența circuitului dela generator la punctul considerat, se poate scrie :

$$K = p/1 \text{ kvar} = \frac{\sqrt{3}R2I}{U} \sin \varphi =$$

$$= 2\,\Delta\, U_R\% \sin \varphi \text{ în kW/kvar}$$

Rezultă deci că echivalentul economic K al puterii reactive este proporțional cu valoarea căderii de tensiune în sistemul de transmisie până în punctul considerat și cu factorul sin φ caracterizând decalajul curentului din rețea.

Din această relație rezultă două concluzii de o importanță deosebită :

a) Pe de o parte, valoarea echivalentului economic al puterii reactive este cu atât mai mare cu cât transmiterea puterii comportă o cădere de tensiune ohmică mai mare, adică cuprinde un număr mai mare de transformări intermediare și de linii de transmisie.

b) Pentru aceeași valoare a căderii de tensiune procentuale, valoarea echivalentului economic crește cu factorul sin φ și în consecință cu unghiul de decalaj φ.

Prin urmare, compensarea puterii reactive este cu atât mai avantajoasă cu cât valoarea factorului de putere este mai redusă. Dacă în cazul unei instalații importante funcționând cu un anumit factor de putere, se aplică un dispozitiv de compensare a puterii reactive, eficacitatea cea mai mare, adică valoarea cea mai ridicată a echivalentului economic o are primul kvar de compensație. Pe măsură ce puterea compensatorului crește, factorul de putere îmbunătățindu-se, eficacitatea instalației de compensare scade.

Dacă în relația de mai sus se multiplică și numără torul și numitorul cu $\sqrt{3}\ I \cos \varphi$, se obține :

$$K = \frac{3RI^2\, 2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{3}\,UI \cos \varphi} = \frac{\Delta P}{P} \sin 2\,\varphi =$$

$$= \Delta\, P\,\% \sin 2\,\varphi \qquad \text{în kW/kvar}$$

In consecință, se constată că echivalentul economic al puterii reactive este proporțional cu pierderea de putere procentuală în rezistența circuitului de alimentare și cu factorul sin 2 φ. Acest lucru este explicabil, deoarece pierderile produse de puterea reactivă absorbită de un consumator nu depinde numai de aceste puteri, și de puterea reactivă transportată prin aceeași conductori la ceilalți consumatori.

Intr'adevăr, atât timp cât există numai o putere reactivă inițială Q_1, valoarea pierderilor $p_1 = K.\ Q_1^2$.

In momentul când se suprapune o nouă putere reactivă Q_2, valoarea puterii devenind

$$Q = Q_1 + Q_2$$

valoarea pierderilor este

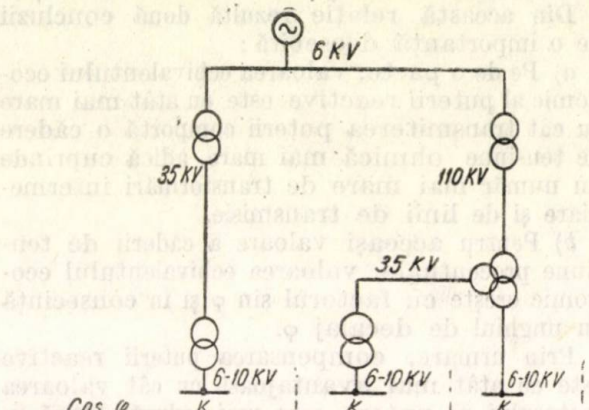
$$p' = KQ^2 = K\,(Q_1 + Q_2)^2 =$$

$$= K\,(Q_1^2 + Q_2^2 + 2Q_1 Q_2)$$

Rezultă deci că pierderile datorite suprapunerii puterii reactive Q_2 peste puterea inițială Q_1 vor fi

$$p'' = p' - p = K\,(Q_2^2 + 2\,Q_1\,Q_2)$$

Valorile medii ale echivalentului economic K al puterii reactive, stabilite de Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S. pentru diferitele scheme de alimentare, în funcție de planul de transformare și de valorile tensiunilor de transport, conform fig. 1, sunt indicate în tabela



Cos φ	K	K	K
0,75	0,08	0,13	0,085
0,8	0,07	0,12	0,076
0,9	0,06	0,09	0,062

Fig. 1. Echivalentul economic K al puterii reactive în funcție de schema de alimentare și de valoarea factorului de putere.

din această figură, în funcție de valoarea factorului de putere.

Pentru cazul alimentării directe la tensiunea produsă de centrală, conform figurii 2, valoarea echivalentului economic al puterii reactive este foarte redusă, și anume 0,02.

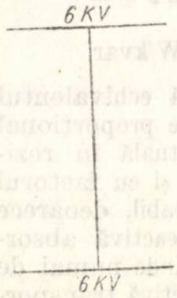


Fig. 2. Schema de alimentare directă al tensiunea produsă de centrală.

Studiu comparativ între diferitele mijloace speciale de îmbunătățire a factorului de putere

In articolele precedente s'a arătat că mijloacele de îmbunătățire a factorului de putere sunt următoarele :

a) mașinile sincrone supraexcitate ;

b) condensatorii statici ;

c) sincronizarea motoarelor asincrone ;

d) montajul în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector sau utilizarea de motoare asincrone compensate.

Determinarea domeniului de utilizare a fiecăruí din aceste milioace de compensare prezintă dificultăți, deoarece depinde de o serie de factori economici, a căror valoare este greu de stabilit.

Printre acești factori, trebue considerată în primul rând valoarea investițiilor necesitate de fiecare din instalațiile de îmbunătățire a factorului de putere expuse mai sus precum și costul energiei electrice consumată sub formă de pierderi.

Deoarece nu se poate dispune de date precise asupra acestor elemente și în special asupra valorii investițiilor corespunzătoare fiecăruia din aceste mijloace de compensare, se va face numai o delimitare principială asupra domeniului de utilizare a ficăruia din aceste mijloace, numai pe baza caracteristicelor lor funcționale.

In acest sens, trebue observat că aceste mijloace de îmbunătățire pot fi împărțite în două categorii principale :

a) Instalații speciale de producerea puterii reactive pentru îmbunătățirea factorului de putere general al rețelei, în care trebue încadrați condensatorii statici și compensatorii sincroni.

b) Instalațiile speciale pentru ridicarea factorului de putere propriu al motoarelor asincrone, în care trebue încadrate sincronizarea motoarelor asincrone și montajul în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector.

Această diferență principială antrenează o deosebire fundamentală între aceste două categorii de mijloace de îmbunătățire a factorului de putere : pe când utilizarea condensatorilor statici și a compensatorilor sincroni necesită instalații efective de producerea puterii reactive pentru întreaga putere reactivă compensată, sincronizarea motoarelor asincrone sau montajul lor în cascadă cu mașini cu colector nu necesită decât completarea instalațiilor motoarelor existente cu o excitatrice având o putere foarte redusă (circa 3 . . . 4% din puterea reactivă necesară), care să dea posibilitatea însăși mașinilor existente să-și furnizeze puterea reactivă necesară.

Din această cauză, pentru compensarea factorului de putere la motoarele asincrone în limita disponibilității lor de putere, soluția sincronizării sau a montajului în cascadă conduce la investiții mai reduse și la pierderi mai mici, astfel încât prezintă avanataje economice mai mari decât soluția condensatorilor statici sau a compensatorilor sincroni .

Aceste concluzii sunt confirmate dealtfel și de curbele prezentate în lucrarea „Condensatorii statici și compensatorii rotativi" de ing. Bornitz, care sunt reproduse în figura 3 și în figura 4.

Figura 3 reprezintă valoarea investițiilor și valoarea pierderilor în cazul montajelor în cascadă în comparație cu soluția condensatorilor statici în funcție de puterea consumată.

Din examinarea acestor curbe rezultă că, începând dela 200 kW pentru tensiunea de 380 și 500 V și chiar dela 100 kW pentru tensiunea de 220 V, montajele în cascadă conduc la investiții mai reduse și la cheltueli totale de exploatare mai mici decât în cazul condensatorilor statici.

Sub aceste valori, soluția montajului în cascadă, necesitând în plus o mașină cu colector specială, nu este avantajoasă.

In cazul special al țării noastre, unde fabricarea mașinilor electrice este destul de avansată astfel încât s'a putut trece și la fabricația de mașini compensatoare cu colector, dar unde

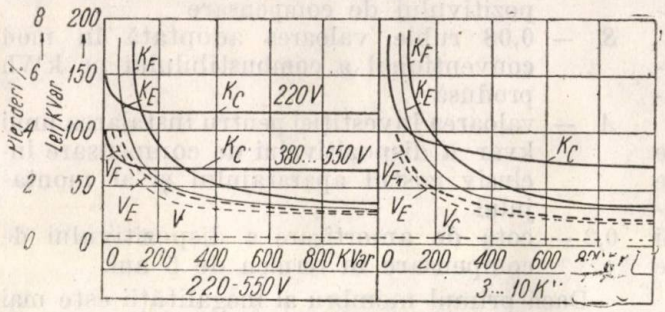


Fig. 3. Valoarea investițiilor și a pierderilor în cazul condensatorilor și în cazul montajelor în cascadă.

Curba C 220 V reprezintă investițiile în condensatori la 220 V.
Curba C 280. . . 500 V reprezintă investițiile în condensatori la 380. . . 500 V.
Curba M_c reprezintă investițiile în montajul în cascadă cu compensator cu colector.
Curba M_f reprezintă investiții în montaje în cascadă cu convertizor de frecvență.
Curba p_c reprezintă pierderi în condensatori.
p reprezintă pierderi în montaje în cascadă cu compensator cu colector.
p_f reprezintă pierderi în montaje în cascadă cu convertizor de frecvență.

încă nu s'a început fabricarea de condensatori statici, aceste limite pot fi considerate chiar mai jos.

In ceeace privește soluția sincronizării motoarelor asincrone, ea conduce la investiții mai

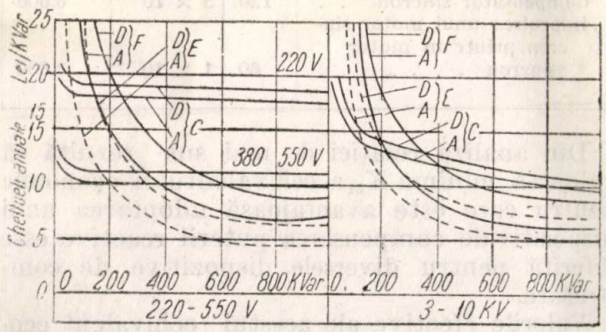


Fig. 4. Valoarea cheltuielilor totale de exploatare anuale în cazul condensatorilor și în cazul montajelor în cascadă.

A — pentru un număr 0 ore de utilizare anuală
B — pentru un număr de 300 ore de utilizare anuală
C — condensatori
M — Montajul în cascadă cu compensatori cu colector
M_f — Montaje în cascadă cu convertizor de frecvență.

mici decât montajul în cascadă, deoarece excitatricea se reduce în acest caz la o instalație de redresori statici.

După cum s'a arătat însă în articolele precedente, această soluție nu poate fi întrebuințată din punct de vedere practic decât în cazurile în care cuplul rezistent mediu nu depășește 0,75% din valoarea cuplului nominal al motorului, astfel încât această soluție este mai puțin avantajoasă și mai puțin utilizată în exploatare decât soluția montajului în cascadă, care menține neschimbată caracteristicile de funcționare ale motoarelor asincrone.

In ceea ce privește comparația între condensatorii statici și compensatorii sincroni se pot face următoarele constatări: costul condensatorilor statici este în general mai redus decât al mașinilor sincrone; costul lor crește însă mult la tensiunile joase.

In schimb, costul compensatorilor sincroni este aproape independent de tensiune dar scade cu puterea.

Pentru puteri mici și mijlocii, valoarea investițiilor este mai mare în cazul compensatorilor sincroni decât în cazul condensatorilor statici. Pe de altă parte însă, costul specific pe kvar al compensatorilor sincroni scade pe măsură ce crește puterea unitară, pe când costul specific al condensatorilor rămâne constant, independent de putere, astfel încât la puteri care depășesc câteva mii de kvar și chiar pentru puteri mai mici, la tensiuni joase, costul compensatorilor sincroni poate fi mai avantajos decât al codensatorilor.

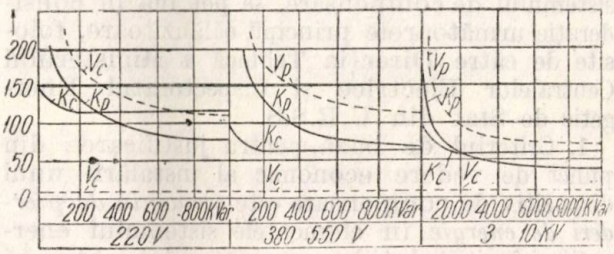


Fig. 5. Valoarea investițiilor și a pierderilor în condensatori și compensatori sincroni, în funcție de puterea compensată.

C. Investiții în condensatori
S. Investiții în compensatori sincroni
p_c Pierderi în condensatori
p_s Pierderi în compensatori sincroni.

In ceeace privește cheltuelile de exploatare, condensatorii statici prezintă avantajul de a avea pierderi de energie foarte reduse, 0,4 . . . 0,5% în timp ce la compensatorii sincroni valoarea pierderilor este de 4% . . . 6%.

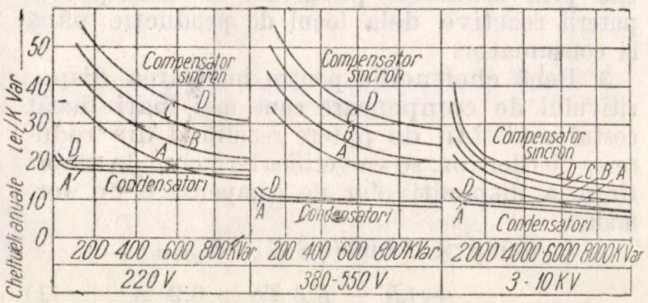


Fig. 6. Cheltueli totale de exploatarea nuale, în cazul condensatorilor și în cazul compensatorilor sincroni, în funcție de putere compensată. Numărul orelor de utilizare anuală.

Curba A 0 ore
Curba B 1.000 ore
Curba C 2.000 ore
Curba D 3.000 ore

Din această cauză, utilizarea compensatorilor sincroni — după cum arată și Poliacov în lucrarea citată — nu este în general avantajoasă, decât pentru puteri care depășesc 15.000 kvar.

Aceste concluzii sunt confirmate şi prin curbele prezentate în lucrarea menţionată mai sus a lui E. Bornitz, şi care sunt reproduse în figura 5 şi figura 6.

Din examinarea acestor curbe rezultă că, cu excepţia tensiunii de 220 V, la care costul condensatorilor statici este foarte ridicat şi cu excepţia puterilor foarte mari, compensatorii sincroni conduc la investiţii mai mari decât condensatorii statici.

Utilizarea maşinilor sincrone supraexcitate pentru compensarea factorului de putere poate să fie însă mai avantajoasă decât soluţia condensatorilor statici, atunci când aceste maşini funcţionează ca motoare producând şi putere mecanică.

Criterii pentru alegerea instala]iilor de îmbunătăţire a factorului de putere

In ceeace priveşte criteriul de apreciere a utilităţii adoptării de mijloace de îmbunătăţire a factorului de putere precum şi de alegerea sistemului de compensare, se pot lua în consideraţie următoarele principii călăuzitoare, folosite de către Direcţia Tehnică a Ministerului Centralelor Electrice şi Inspectoratul Energetic de Stat din U.R.S.S.

1. Criteriul de bază pentru justificarea din punct de vedere economic al instalării unui dispozitiv de compensare este *economia de pierderi de energie* în elementele sistemului energetic şi în instalaţiile consumatorului, obţinută prin micşorarea consumului de putere reactivă.

Valoarea economiei de energie se stabileşte prin diferenţa între echivalentul economic al puterii reactive în punctul considerat al sistemului de alimentare şi între consumurile specifice de energie în dispozitivul de compensare adoptat.

2. Stabilirea rentabilităţii unui dispozitiv de compensare trebue să se facă prin compensaţia cheltuelilor pentru instalarea acestui dispozitiv cu costul cantităţii de putere activă economisită prin scăderea pierderilor în transportul puterii reactive dela locul de producţie până la consumator.

3. Dacă cheltuelile pentru instalarea dispozitivului de compensare sunt mai mari decât costul cantităţii de putere rezultând din reducerea pierderilor, se va verifica termenul de amortizare a dispozitivelor de compensare cu formula :

$$0{,}065 \times 2.500\,(0{,}8\,K - K_c) + \\ + (K - K_c)\,TS \geqslant 0{,}2\,A \qquad (1)$$

în care :

2.500 reprezintă, în ruble, valoarea investiţiilor pentru 1 kW la centrală,

0,065 cota de amortizare a investiţiilor în centrală,

0,8 — un coeficient de simultaneitate, care ţine seama de nesuprapunerea valorii maxime a sarcinii reactive a sistemului energetic cu valoarea sarcinii maxime a consumatorului,

K — echivalentul economic al puterii reactive, în kW/kvar,

K_c — consumul specific de putere activă a dispozitivului de compensare în kW/kvar

T — numărul anual de ore de utilizare a dispozitivului de compensare

S — 0,08 ruble valoarea adoptată în mod convenţional a combustibilului pe kWh produsă

A — valoarea investiţiei pentru instalarea unui kvar a dispozitivului de compensare inclusiv costul aparatajului şi al montajului

0,2 — cota de amortizare a dispozitivului de compensare în termen de 5 ani.

Dacă primul membru al inegalităţii este mai mare şi deci dacă termenul de amortizare este mai mic de 5 ani, instalarea dispozitivului de compensare trebue considerată rentabilă.

Valoarea investiţiilor A, consumul specific de putere Kc a dispozitivelor de compensare şi numărul T al orelor de utilizare anuală sunt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Felul dispozitivului de compensare	A ruble	Kc kW/kvar	T ore
Condensatori statici de înaltă tensiune pentru 3 şi 6 kV	100	5×10^{-3}	6.000
Condensatori statici de joasă tensiune pentru 0,38 kV	240	5×10^{-3}	6.000
Compensator sincron . .	120	5×10^{-2}	6.000
Inlocuirea unui motor sincron printr'un motor asincron	60	1×10^{-2}	3.000

Din analiza relaţiei de mai sus rezultă că valoarea minimă K_m a echivalentului economic pentru care este avantajoasă adoptarea unui dispozitiv de compensarea puterii reactive este diferită pentru diversele dispozitive de compensare.

Valorile efective ale acestui echivalent economic minimal al puterii reactive corespunzând diferitelor dispozitive de compensare deduse din relaţia (1) sunt indicate în tabela 2.

Tabela 2

Felul dispozitivului de compensare	K_m în kW/kvar
Condensatori statici cu înaltă tensiune pentru 3 sau 6 kV	circa 0,036
Condensatori statici de joasă tensiune pentru 0,38 kV	„ 0,085
Compensator sincron	„ 0,092
Inlocuirea unui motor asincron printr'un motor sincron	„ 0,043

Pentru a se putea ţine seama şi de pierderile care intervin în transformarea energiei electrice la joasă tensiune şi în distribuţia de joasă tensiune, considerând că aceasta s'ar face în cadrul

întreprinderii consumatoare, s'a adoptat noțiunea de echivalent economic redus, definit prin expresia :

$$K_r = K + \frac{P_c}{Q_c}\left(1 - \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos \varphi^2}\right)$$

în care :

K reprezintă echivalentul economic al puterii reactive în punctul de racord la rețeaua regională de energie

P_c pierderile totale în kW în orele de sarcină reactivă maximă în rețeaua întreprinderii consumatoare, dela punctul de racord până la punctul de montare a instalației de compensare.

$\cos \varphi_1$ factorul de putere în punctul de racord înainte de punerea în funcție a instalației de compensare

$\cos \varphi_2$ factorul de putere în punctul de racord după punerea în funcțiune a instalației de compensare

Q_c puterea instalației de compensare.

După cum rezultă din relația (1), pentru ca instalația de compensare să poată fi amortizată în 5 ani, eficacitatea lui minimă corespunzând

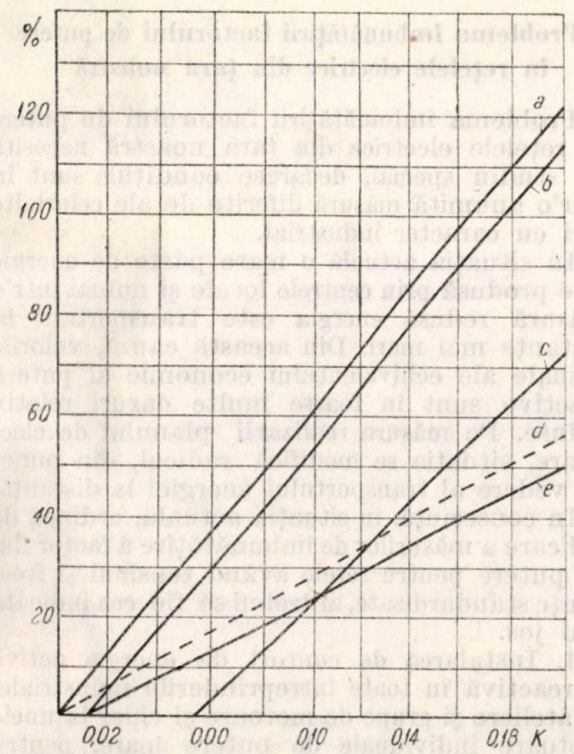


Fig 7.

a-condensatori statici de 3 și 6 kV; b-motor sincron producând și putere reală; c-compensator sincron; d-condensatori statici de 0,38 kV; e-condensatori statici de 0,38 kV ținând seama și de putere rămasă disponibilă a transformatorului.

primului membru al relației (1), trebue să fie de 20%.

Modul de variație a eficacității investiției de capital în funcție de valoarea echivalentului economic redus pentru diferite tipuri de dispozitive de compensare este reprezentat prin curbele din fig. 7).

Din examinarea acestor curbe rezultă următoarele concluzii tehnico-economice, care trebue avute în vedere la alegerea instalației de compensare :

1. Cea mai mare eficacitate a investițiilor se obține cu condensatori statici de înaltă tensiune și cu motoare sincrone producând și puterea reală.

2. Eficacitatea investițiilor crește cu echivalentul redus al puterii reactive.

3. Pentru $K_2 = 0{,}1 \ldots 0{,}12$ utilizarea compensatorilor sincroni și a condensatorilor statici de joasă tensiune conduce la valori aproape egale pentru eficacitatea investițiilor.

Reducerea sarcinilor transformatorului întreprinderii consumatoare în cazul instalației condensatorilor statici de joasă tensiune influențează foarte puțin asupra eficacității investițiilor.

Considerațiuni asupra amplasamentului mijloacelor speciale de îmbunătățire a factorului de putere

In principiu, este avantajos de a dispune instalația de compensare a puterii reactive în imediata vecinătate a receptorului care consumă puterea reactivă, pentru a reduce pierderile produse în circulația puterii reactive pe întreg traseul dela generator la receptor.

Din punct de vedere practic însă acest lucru nu este totdeauna avantajos, pentru următoarele motive.

In cazul utilizării condensatorilor statici, costul lor este foarte ridicat la tensiune joasă și în special la 220 V, astfel încât, în unele cazuri, este preferabil ca compensarea prin condensatorii statici să fie făcută în circuitul de înaltă tensiune al stației de transformatori de alimentare, adică la 3 kV sau 6 kV.

Această considerație este în special valabilă în cazul întreprinderilor industriale importante, având stații de transformatori proprii, astfel încât circuitele de joasă tensiune sunt scurte și deci pierderile sunt reduse.

Dimpotrivă, în cazul întreprinderilor mai mici, alimentate din rețele de distribuție generale prin circuite lungi, utilizarea condensatorilor de joasă tensiune, în special la tensiuni de 380 V poate fi justificată.

In cazul utilizării de compensatori asincroni, al căror cost este foarte mult influențat de valoarea tensiunii de funcționare, este preferabil să fie montați în rețeaua de joasă tensiune cât mai aproape de centrul de consumație.

Acesta considerațiuni sunt verificate și prin valorile minime ale echivalentului economic indicate în tabela 2.

Din punct de vedere al puterii instalate, condensatorii statici având un cost specific constant, independent de putere, este preferabil să fie montați la fiecare receptor pentru a reduce cât mai mult pierderile în conductorii de alimentare.

Dimpotrivă, compensatorii sincroni, având un cost specific care scade cu puterea, este mai avantajos a fi montați pe grupe de receptori

mai importante pentru a ajunge la pnteri mai ridicate.

Chiar în cazul condensatorilor, compensarea individuală a receptorilor nu este însă avantajoasă, decât în cazul unor receptori care să aibă un factor de utilizarea foarte ridicat.

In cazul receptorilor obişnuiţi, conectarea condensatorilor prin intermediul unui întreruptor comun cu al receptorului aferent nu este în general recomandabil, din cauza numărului redus de ore de utilizare a instalaţiilor de condensatori, în regimul de funcţionare al receptorilor.

In acest caz, este preferabil de a se face compensarea prin grupe de receptori, astfel încât, datorită factorului de simultaneitate în funcţionarea receptorilor, să se ajungă la un factor de utilizare cât mai bun pentru instalaţiile de compensare.

Principiile de bază ale programului de ansamblu al lucrărilor de îmbunătăţire a factorului de putere

Alegerea puterii şi amplasamentului dispozitivelor de compensarea puterii reactive prezintă importante dificultăţi, deoarece există o interdependenţă strânsă între aceste dispozitive, din punct de vedere economic.

Intr'adevăr, din expresia echivalentului economic al puterii reactive :

$$K = 2 \Delta U_R \% \sin \varphi$$

rezultă că valoarea indicelui tehnico-economic depinde de valoarea factorului de putere.

In ipoteza normală că o reţea alimentează mai mulţi consumatori, care conduc la o anumită valoare cos φ a factorului de putere, corespunde o anumită valoare la fiecare din consumatori pentru echivalentul economic al puterii reactive. In momentul în care, la unul din aceşti consumatori, se instalează un sistem de compensarea puterii reactive, intervenind o creştere a factorului de putere până la o nouă valoare cos φ_1, valoarea echivalentului economic al puterii reactive la ceilalţi consumatori a fost schimbată şi oportunitatea instalaţiei dispozitivelor de compensaţie poate fl pusă în discuţie.

In momentul în care valoarea factorului de putere se apropie de unitate, valoarea echivalentului economic al puterii reactive tinde spre zero.

In consecinţă, este evident că ameliorarea factorului de putere de către consumatorii numai pe consideraţii tarifare, în mod independent unul de altul, nu este raţională.

Din acest punct de vedere, este interesantă părerea lui B. A. Poliacov, referitoare în special la condensatorii statici :

„Prescripţia principală impusă instalării condensatorilor constă în obţinerea unui efect util maxim asupra sistemului prin instalarea fiecărui kvar.

Deoarece aceasta depinde într'o măsură însemnată de locul în care se conectează condensatorii în sistem, alegerea puterii instalaţiilor de condensatori nu trebue să se facă separat pentru diferite puncte ale sistemului, ci într'o dependenţă reciprocă, în ordinea realizării unui factor de putere mărit pentru întreg sistemul electric sau pentru sectoare mari ale acestui sistem, cum sunt reţelele raionale".

In consecinţă, la baza tuturor măsurilor practice luate pentru mărirea factorului de putere al sistemelor electrice, trebue să existe proiectele elaborate din însărcinarea întreprinderilor furnizoare de energie electrică, cu scopul măririi factorului de putere al întregii reţele. Aceste proiecte trebue să stabilească :

1. Amplasamentul şi felul dispozitivelor de compensare
2. Puterea totală a fiecărei instalaţii de compensare.
3. Ordinea în care se vor instala dispozitivele de compensare.

In concluzie, trebue menţionat că proiectarea generală a unei electrificări, comportă 2 proiecte distincte, suprapuse : unul pentru producerea şi distribuţia puterii active, celelalte pentru producerea transportul şi distribuţia puterii reactive.

Problema îmbunătăţirii factorului de putere în reţelele electrice din ţara noastră

Problema îmbunătăţirii factorului de putere în reţelele electrice din ţara noastră necesită un studiu special, deoarece condiţiile sunt în într'o anumită măsură diferite de ale celorlalte ţări cu caracter industrial.

In situaţia actuală o mare parte de energie este produsă prin centrele locale şi numai într'o măsură redusă energia este transportată la distanţe mai mari. Din această cauză, valorile actuale ale echivalentului economic al puterii reactive sunt în foarte multe cazuri relativ reduse. Pe măsura realizarii planului de elecficare, situaţia se modifică radical, din punct de vedere al transportului energiei la distanţă.

In consecinţă, în situaţia actuală, ordinea de aplicare a măsurilor de îmbunătăţire a factorului de putere pentru reţele având tensiuni şi frecvenţe standardizate, ar trebui să fie cea indicată mai jos.

1. Instalarea de contori de energie activă şi reactivă în toate întreprinderile industriale, în ateliere şi grupe de motoare şi chiar la unele motoare individuale de putere mare, pentru a se putea aduna un material documentar cât mai complet asupra repartizării şi circulaţiei de putere reactivă în vederea stabilirii unor mijloace de compensare cât mai raţionale.

In acest scop, fabricarea în ţară a contorilor trifazaţi de putere activă şi reactivă capătă o importanţă deosebită.

2. Aplicarea de măsuri tehnico-organizatorice privind reducerea consumului de putere reactivă al motoarelor şi în mod special :

— Verificarea modului cum au fost efectuate reparaţiile de motoare.

— Introducerea de limitatori automați de mers în gol la un număr cât mai mare de motoare.

— Schimbarea montajului din triunghi în stea, în special în cazul motoarelor prevăzute cu demaror stea — triunghi.

— Inlocuirea motoarelor de putere mai mare, funcționând cu un factor de încărcare prea redus cu alte motoare de putere mai mică.

3. Adoptarea de mijloace speciale de îmbunătățire a factorului de putere, care se pot aplica direct asupra motoarelor asincrone existente în instalații de putere mare.

In acest sens, trebue aplicată în primul rând sincronizarea motoarelor asincrone în cazurile în care condițiile de exploatare permit acest lucru. In acest scop, ar urma să fie stabilite motoarele la care s'ar putea aplica această măsură și ar trebui pus în fabricație aparatajul de sincronizare corespunzător.

In al doilea rând, ar trebui utilizate montajele în cascadă cu mașini cu colector, în cazul motoarelor de puteri depășind 100 . . . 200 kW. Această soluție, unde poate fi aplicată, prezintă un avantaj special, în cazul țării noastre datorită faptului că fabricația mașinilor electrice este mult mai ușoară decât fabricația condensatorilor statici.

In acest scop, ar urma să fie stabilite principalele tipuri de motoare la care s'ar putea adopta acest mijloc de compensare și ar trebui proiectate și puse în fabricație un număr redus de tipuri de excitatrice trifazate cu colector pentru montaj în cascadă. In acest sens, trebue menționat că la mai multe întreprinderi industriale din țară există asemenea instalații funcționând în condiții foarte bune și care ar putea servi ca model pentru realizarea noilor instalații.

4. Introducerea în noile instalații, care se vor executa în viitor, de motoare sincrone, în toate cazurile în care condițiile de exploatare permit acest lucru și în special în cazul agregatelor de pompare și ventilatoare.

Deasemenea, se recomandă a se încerca înlocuirea unora din actualele motoare asincrone cu motoare sincrone în instalații în care se va putea găsi o altă destinație pentru motoarele asincrone existente.

5. Instalarea de baterii de condensatori în toate cazurile în care această măsură ar fi avantajoasă după îmbunătățirea factorului de putere prin aplicarea tuturor celorlalte măsuri enunțate mai sus.

Prin fabricarea de condensatori în țară, se vor putea completa nevoile de compensarea puterii reactive prin acest sistem, care constitue principalul mijloc de îmbunătățirea factorului de putere în rețelele electrice.

O situație specială este creată de rețelele electrice din regiunea petrolieră în care factorul de putere are valori foarte reduse, datorită pe de o parte factorului de încărcare relativ al motoarelor de foraj și datorită pe de altă parte construcției speciale cu întrefier mărit al motoarelor utilizate în aceste rețele.

Măsurile care trebuesc aplicate în cazul acestor rețele trebue să țină seama de condițiile speciale de exploatare ale motoarelor din aceste rețele, și anume:

1. O mare parte din motoare sunt utilizate pentru stațiile de pompare și funcționează cu un număr mare de ore de utilizare anual. Aceste motoare ar putea fi în viitor înlocuite cu motoare sincrone, iar cele existente ar putea fi sincronizate.

2. O mare parte din motoare ar putea fi folosite în instalații de foraj fie pentru antrenarea sistemului de forare, fie pentru pompele de noroi. Aceste motoare sunt de puteri mari reprezentând în total circa 600 . . . 700 kW de fiecare sondă în foraj, dar funcționează cu un număr mai redus de ore de utilizare din cauza întreruperilor produse de operațiile de înădire a coloanelor de foraj.

Pentru aceste instalații supuse la eforturi importante, adoptarea de motoare sincrone sau de motoare asincrone sincronizate nu este posibilă. In consecință, soluția condensatorilor statici este cea mai indicată.

In cazul utilizării condensatorilor statici, trebue observat că numai o compensare a puterii reactive de joasă tensiune poate fi interesantă, dat fiind că un procent mare de pierderi se produc în rețeaua de joasă tensiune. Cum însă cea mai mare parte din motoarele de foraj sunt legate prin linii directe la stațiile de transformatori, ar trebui realizată o compensare individuală prin baterii de condensatori la fiecare sondă de foraj.

Dat fiind puterea mare a motoarelor folosite în operațiile de foraj (peste 160 kW, s'ar putea examina și situația montajului în cascadă a acestor motoare cu compensatoare cu colector, adoptând eventual pentru aceste o construcție capsulată pentru evitarea pericolului scânteilor la colector, așa cum s'a făcut deja pentru inelele colectoare.

★

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММЫ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Резюме

В этой четвертой статье серии касающейся технико-экономической стороны вопроса коэффициента мощности, просматриваются основы его улучшения: пределы, специальные меры, критерии выбора установки, расположение и т.д. Наибольшее внимание дается экономическому эквиваленту реактивной мощности и основным принципам общей программы работ по улучшению коэффициента мощности.

PERSPECTIVELE DE DESVOLTARE A ENERGETICEI SOVIETICE IN VIITORUL APROPIAT

Ing. LEON MIHAIL

Desvoltarea energeticei sovietice în viitorul apropiat se va baza în mare parte pe valorificarea resurselor energetice încă nefolosite.

In anul 1955, la finele celui de al cincilea plan cincinal de desvoltare a economiei U.R.S.S. (1951—1955), producţia de energie electrică va fi crescut în Uniunea Sovietică cu aproximativ 80% faţă de cea din anul 1950. Puterea totală a centralelor termo şi hidroelectrice va creşte în decursul cincinalului de două ori; precumpănitoare va fi însă creşterea centralelor hidroelectrice, a căror putere se va tripla.

Construirea de noi centrale electrice în actualul cincinal va face ca, spre sfârşitul anului 1955, mai mult de jumătate din centralele electrice sovietice să aibă o vârstă mai mică de cinci ani.

Noul utilaj al centralelor electrice fiind de tipul cel mai modern şi de productivitate maximă, energetica sovietică va fi şi din acest punct de vedere mult mai înaintată decât energetica ţărilor capitaliste, unde utilajul învechit atârnă ca o ghiulea de picioarele producţiei, după cum spunea I. V. Stalin, şi frânează introducerea şi răspândirea tehnicei noi.

Indicii tehnico-economici ai energeticei din ţările capitaliste scad prin folosirea utilajului vechi şi uzat. Această stare de lucruri se explică prin faptul că regimul capitalist este pentru tehnica nouă, atunci când ea îi promite profiturile cele mai mari. Capitalismul este împotriva tehnicii noi şi pentru trecerea la munca manuală, atunci când tehnica nouă nu mai promite profiturile cele mai mari [1]).

Energetica în al V-lea Plan Cincinal

Trecând în revistă — în cele ce urmează — numai marile construcţii hidroeneregtice care se vor realiza în cincinalul în curs, trebue să arătăm în primul rând că, în 1955, va intra în funcţiune marea centrală hidroelectrică dela Cuibâşev; ea va avea o putere instalată de 2,1 milioane kW, în prezent cea mai mare din lume.

In anul 1954 va fi dată în exploatare centrala hidroelectrică de pe râul Cama, care va alimenta cu energie electrică regiunea Uralului. Ca şi odinioară, construirea centralei hidroelectrice de pe fluviul Nijni-Svir [2]), centrala de pe Cama prezintă o interesantă soluţie constructivă, pe care au adoptat-o proiectanţii şi constructorii sovietici. In această centrală, sala maşinilor este aşezată în corpul de beton al barajului. Această soluţie a profesorului B. C. Alexandrov permite o însemnată reducere a volumului lucrărilor de beton, precum şi o scurtare sensibilă a timpului de construcţie.

Tot pe fluviul Cama, în decursul actualului plan cincinal, este prevăzută construirea unei centrale hidroelectrice la Votchinsc, care va alimenta cu energie electrică raioanele industriale centrale.

O nouă treaptă a „cascadei" de centrale hidroelectrice de pe Volga, este centrala hidroelectrică dela Cebocsarî, care va fi deasemenea construită în decursul actualului cincinal.

Din lucrările de mare amploare ce urmează a fi continuate în al cincilea plan cincinal şi terminate ulterior, trebue menţionată construirea centralelor hidroelectrice dela Stalingrad şi Cahovca.

Uniunea Sovietică creează mari posibilităţi de desvoltare tuturor republicelor care o alcătuesc. Această grijă este materializată şi prin construcţiile energetice. Astfel, în cursul acestui an a intrat în funcţiune centrala hidroelectrică dela Mingheceaur, de pe râul Cura din Transcaucazia. Ea asigură alimentarea cu energie electrică a regiunii Bacu şi a altor regiuni din Azerbaidjan şi contribue la irigarea a peste un milion hectare din şesul Cura-Arax. Aceasta va asigura un mare avânt şi va duce la reorganizarea radicală a agriculturii în R.S.S. Azerbaidjană. Centrala hidroelectrică dela Mingheceaur va pune la dispoziţia economiei azerbaidjane energie ieftină şi — împreună cu sistemul de irigare din şesul Cura-Arax — va permite valorificarea unui întins teritoriu care este astăzi pustiu, folosindu-l pentru cultura cerealelor, a bumbacului şi în vederea realizării unei baze furajere permanente pentru zootehnica azerbaidjană.

Datele constructive ale acestei importante lucrări prezintă un interes deosebit. Complexul hidroenergetic Mingheceaur din Transcaucazia cuprinde un baraj de pământ înalt de 76,5 m. Lacul de acumulare are o capacitate utilă de 16 miliarde m³; centrala electrică are o putere de 300 000 kW şi va produce aproape 1,5 miliarde kWh/an. Complexul mai cuprinde o vastă reţea de canale pentru irigarea a 1,4 milioane ha sol arabil, instalaţii pentru piscicultură, etc. Prin

[1]) *I. V. Stalin*: „Problemele economice ale socialismului în U.R.S.S.", Editura pentru literatura politică, p. 44.

[2]) „Privire asupra desvoltării hidroenergeticei sovietice până la marile construcţii ale comunismului". Energetica Nr. 4/1953.

lucrările realizate, fluviul Cura va deveni navigabil pe o distanță de 600 km.

In Cazahstan, pe cursul superior al fluviului Irtâș, la Ust-Camenogorsc, s'a pus în funcțiune în 1952 o puternică centrală hidroelectrică, pentru care se dau în cele ce urmează câteva cifre mai importante : fluviul Irtâș este una din cele mai mari ape ale Siberiei ; el are 4 451 km și este navigabil pe toată întinderea sa. Centrala hidroelectrică va furniza energie numeroaselor întreprinderi din regiune. Barajul de pe Irtâș este foarte înalt și debitul apei, precum și capacitatea ecluzelor, permit trecerea vaselor de tonaj mare. Incă din 1950, hidrotehnicienii sovietici au mecanizat aproape 90% din lucrările de terasament și 90% din operațiile de turnare a betonului. Pe șantierele acestei mari construcții, munca se desfășoară fără întrerupere chiar pe gerurile cele mai aspre, uneori de 40°C.

In cursul acestui an, a început construcția unei alte centrale hidroelectrice la Butarminsc, pe același fluviu. Ambele centrale hidroelectrice (Ust-Camenogorsc și Butarminsc) vor furniza energie electrică ieftină industriei care prelucrează imensele rezerve metalice ale Altaiului muntos. Centrala dela Butarminsc va avea un mare lac de acumulare pentru asigurarea egalizării debitului de apă al fluviului Irtâș. Aceasta va face ca centralele hidroelectrice de pe Irtâș să nu aibă nevoe de rezervă termică.

In Armenia Sovietică, va intra în funcțiune centrala hidroelectrică dela Ghimuș, care constitue una din treptele cascadei fluviului Sevan.

In Siberia, centrala hidroelectrică dela Novosibirsc va avea un rol hotărîtor în electrificarea principalei căi ferate siberiene și va furniza energie electrică multor mari industrii noi.

Desvoltarea forțelor de producție ale Uniunii Sovietice a permis să se treacă la mobilizarea pe scară largă a imenselor resurse ale Siberiei. In adevăr, având o întindere de trei ori mai mare decât partea europeană a U.R.S.S. și posedând bogății naturale incalculabile, Siberia se va desvolta într'un ritm rapid. Resursele existente vor determina o creștere impetuoasă a economiei siberiene într'un viitor apropiat [2]).

Hotărîrea istorică a celui de al XIX-lea Congres al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice privind începerea lucrărilor în vederea utilizării resurselor energetice ale fluviului Angara, deschide o eră nouă în ceeace privește repartizarea și desvoltarea economiei naționale a U.R.S.S. Ea va duce la desvoltarea, pe bază de energie electrică ieftină și a isvoarelor de materii prime locale, a industriei de aluminiu, a industriei chimice, a industriei miniere, etc.

Tovarășul G. M. Malencov a arătat că, în perioada care s'a scurs, industria din regiunile răsăritene ale U.R.S.S. s'a desvoltat într'un ritm rapid, ceeace a avut drept rezultat o importantă modificare în repartiția regională a industriei sovietice. In regiunile dela răsărit de Volga, din Urali, Siberia, Orientul îndepărtat, R. S. S. Cazahă și Republica Unională din Asia Centrală, s'au creat puternice baze industriale. Volumul total al producției industriale din aceste regiuni a crescut în anul 1952 de trei ori față de anul 1940. In 1951, s'a realizat în regiunile răsăritene aproape o treime din întreaga producție industrială a U.R.S.S., mai mult de o jumătate din întreaga cantitate de oțel și laminate, aproape o jumătate din tot cărbunele și petrolul și peste 40% din energia electrică.

In planul de industrializare a Siberiei au un rol însemnat : Uralul și bazinul carbonifer Cuznețc, situate la o distanță de 2 000 km unul de altul și posedând zăcăminte de fier și de cărbune de o importanță mondială. Marele combinat Uralo-Cuznețc, creat în al doilea cincinal și având drept caracteristică principală schimbul reciproc de cărbune și minereu de fier, a făcut să se desvolte în Siberia de Apus o puternică bază carboniferă și metalurgică pentru întreaga Asie de Nord. Cu sprijinul acestei baze, a fost posibilă dotarea cu mașini a tuturor ramurilor economiei sovietice din noile regiuni industriale, precum și construirea unor artere principale de căi ferate, de mare capacitate. Desvoltarea Siberiei cere un sistem principal de cale ferată de cel puțin 50 mii km, căci numai astfel pot fi valorificate vastele întinderi siberiene, taiga din Nord și șesul Siberiei Apusene, unul din cele mai mari șesuri din lume.

Industrializarea imenselor regiuni dintre Munții Urali și Oceanul Pacific, regiune în care se află o foarte mare parte a bogățiilor naturale de bază ale Uniunii Sovietice, va lua o mare desvoltare.

Principalele noduri ale acestui puternic sistem economic vor fi Uralul cu zăcămintele sale metalifere, Cuzbasul carbonifer și metalurgic, Siberia Apuseană cu baza alimentară și industrială și Siberia Orientală ca centru al industriei metalelor neferoase, al industriei chimice, al cărbunelui și lemnului și în special ca puternic centru hidroenergetic prin marile sale fluvii : Obi, Ienisei, Iena, Angara. Acest sistem are ieșire spre Oceanul Pacific, „Marea Mediterană a viitorului", după expresia lui Herzen, cât și spre China. Se vor crea astfel posibilități nemărginite pentru o colaborare economică internațională.

Hidroenergeticienii consideră fluviul Angara și lacul Baical, din care el ia naștere, ca un fenomen natural unic în felul său. Baicalul este cel mai mare lac de apă dulce din Asia și Europa și cel mai adânc de pe tot globul. In Baical se varsă peste 300 râuri și din el isvorăște numai fluviul Angara.

Lacul Baical are o lungime de 600 km și o lățime medie de 60 km. Evaporarea de pe suprafață fiind redusă și alimentarea făcându-se relativ uniform în tot timpul anului, lacul reglează debitul Angarei, făcându-l aproape constant în decursul întregului an și îi conferă astfel neîntrecute însușiri energetice.

---

2. *A. N. Vinter* și *A. B. Marchin* : „Perspectivele energeticei sovietice", Vestnic Academii Nauc, S.S.S.R. Nr. 11/1952.

Lacul Baical fiind un imens bazin natural, scuteşte pe hidrotehnicieni de construirea unui lac de acumulare artificial, legat de mari investiţii şi determinând astfel pentru centralele hidroelectrice de pe fluviul Angara un regim de exploatare foarte favorabil. Această asigurare a rezervelor de apă, pe tot timpul anului, precum şi absenţa marilor viituri de primăvară vor face ca puterea turbinelor să poată fi utilizată până la 8 000 ore anual.

Impreună cu afluenţii săi, fluviul Angara poate da mai multă energie electrică decât produc în prezent toate centralele electrice din Franţa, Italia, Suedia, Spania, Olanda, Belgia şi Danemarca la un loc. Folosirea energetică complexă a fluviului Angara va permite economisirea a circa 100 milioane tone combustibil convenţional anual, pentru extracţia, transportul şi arderea căruia ar fi fost necesare instalaţii şi mijloace materiale enorme.

Asemenea caracteristici, care se întâlnesc foarte rar în practica hidroenergetică determină reducerea cheltuielilor materiale şi a timpului necesar amenajării construcţiilor auxiliare; ele permit micşorarea sensibilă a volumului lucrărilor de beton.

Costul energiei electrice pe care o va produce Angara va fi cel mai redus din toată lumea. Energia abundentă, ieftină şi bine asigurată în tot cursul anului, determină întemeierea în Siberia Orientală a unui mare număr de întreprinderi industriale. Acestea vor fi : în primul rând, industria de aluminiu care consumă până la 18 000 kWh pentru producerea unei tone de metal, precum şi alte industrii care necesită un mare consum de energie electrică : industria chimică (îngrăşăminte), industria minieră, etc.

Abundenţa de energie electrică ieftină va permite crearea, pe vastele întinderi ale Siberiei Orientale, de întreprinderi electrificate pentru prelucrarea materiilor prime agricole, electrificarea căilor ferate din regiunea sistemului energetic al Angarei, precum şi electrificarea culturii cerealelor şi a tuturor genurilor de producţie agricolă.

In decursul celui de al cincilea plan cincinal se vor construi în Siberia Orientală mari centrale termoelectrice (C.T.E.), precum şi centrale electrice de termoficare (C.E.T.). Uniunea Sovietică este prima ţară din lume, unde s'a introdus pe scară întinsă folosirea complexă şi rațională a căldurii aburilor.

Uniunea Sovietică se află în fruntea tuturor ţărilor din lume în ceeace priveşte termoficarea. Termoficarea are o însemnătate extrem de mare pentru desvoltarea energeticei, producerea energiei electrice, combinată cu furnizarea de căldură la distanţă, fiind o metodă care utilizează până la 70% căldura combustibilului. Trebue subliniat cu acest prilej că necesităţile termice ale întreprinderilor sovietice absorb aproape jumătate din întreaga producţie de combustibil a ţării, adică de patru-cinci ori mai mult decât pentru producerea energiei electrice.

Pentru mărirea randamentului încălzirii la distanţă, este prevăzută o racordare a centralelor termoelectrice la sistemele care alimentează numai cu energie termică. Deasemenea, se prevede folosirea deşeurilor de combustibil, intensificarea recuperării căldurii în industrie ca isvoare energetice secundare şi construirea de centrale electrice, care să funcţioneze cu deşeurile rămase dela ameliorarea cărbunelui.

O problemă actuală este cea a construirii centralelor de termoficare la o distanţă de 40...50 km de centura verde a oraşelor. Aceasta are scopul de a ameliora condiţiile de trai ale populaţiei din punctul de vedere igienico-sanitar, deoarece produsele de ardere ale combustibililor inferiori sunt nocive prin combinaţiile de sulf, gudroane, etc. pe care le conţin.

Oamenii de ştiinţă şi inginerii sovietici au elaborat metode noi de utilizare complexă, energo-chimică a combustibilului, care dă posibilitatea de a obţine dintr'un combustibil solid de calitate inferioară (turbă, cărbune brun, şisturi), înainte de arderea lui în focarele cazanelor, produse valoroase ca : gaze şi gudron, care sunt materii prime pentru fabricarea de produse chimice şi combustibil lichid. Semicocsul cald, care se obţine din această operaţie, este ars în focarele cazanelor centralelor termoelectrice.

Desvoltarea rapidă a hidroenergeticei şi organizarea rațională a funcţionării centralelor termoelectrice vor soluţiona în cincinalul în curs şi problema importantă a creşterii continue a rentabilităţii întregii economii energetice a Uniunii Sovietice.

Politica energetică a Uniunii Sovietice consideră inadmisibil de a se privi unilateral problema electrificării, adică numai în sensul construirii centralelor electrice şi a sistemelor energetice. Problema constă nu numai într'o simplă înlocuire a unui fel de energie prin altul, ci într'o creştere a tuturor forţelor de producţie.

In anii de după război, electrificarea a devenit, mai mult ca înainte, condiţia înzestrării tuturor ramurilor industriei cu maşini şi agregate de tipuri noi, a introducerii unor procese tehnologice mai perfecţionate, a organizării mai raţionale a producţiei. Parcul de maşini-unelte s'a complectat în această perioadă cu maşini noi, mai productive, numărul lor total crescând de 2,2 ori. Industria de maşini a Uniunii Sovietice a creat numai în ultimii trei ani aproape 1 600 tipuri noi de mecanisme şi maşini.

In anii 1946—1951 au fost refăcute, construite şi puse în funcţiune aproape 7 000 mari întreprinderi industriale de Stat. Acest program gigantic s'a realizat pe baza electrificării.

Planul cincinal 1951—1955 prevede un nou şi mare avânt productiv al tuturor ramurilor economiei naţionale pe baza tehnicii noi, iar procesul tehnic al oricărui gen de producţie este legat de rolul mereu crescând al electrificării.

In cursul acestui cincinal va fi terminată, în linii mari, mecanizarea lucrărilor grele din in-

dustrie şi construcţii precum şi a celor mai grele munci din agricultură.

Automatizarea şi telemecanizarea sunt metodele cele mai superioare ale mecanizării. Desvoltarea largă a acestor metode asigură avântul economiei naţionale şi — îmbunătăţind condiţiile muncii — eliberează omul pentru multe alte sarcini de ordin superior din producţie.

In ce priveşte telecomenzile, trebue menţionat că 91% din toate centralele hidroelectrice ale Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. sunt complect automatizate : pornirea, oprirea şi reglarea hidroagregatelor se face pe cale automată. Telemecanizarea se întrebuinţează pe o scară din ce în ce mai largă. Un număr de şapte centrale hidroelectrice funcţionează în prezent fără personal de serviciu şi sunt comandate dela un post de comandă aflat la o distanţă de zeci de kilometri.

In centralele termoelectrice, mai mult de 60% din debitul cazanelor este comandat în mod automat. Astfel, alimentarea cu combustibil a focarelor, alimentarea cu apă a cazanelor şi reglarea încărcării agregatelor se fac automat. La agregatele moderne, fochiştii au fost înlocuiţi cu mecanici calificaţi.

In U.R.S.S., este pe cale de terminare automatizarea tuturor centralelor termoelectrice ; în decurs de 3—5 ani, ele vor trece la sistemul de telecomandă ; deasemenea, se va termina în anii care vin automatizarea centralelor termoelectrice. Crearea sistemelor energetice şi funcţionarea lor normală sunt de neconceput fără automatizare şi telemecanizare.

Acest deziderat tehnic se realizează succesiv şi în toate celelalte ramuri ale economiei naţionale.

Necesităţi tehnice de importanţă excepţională sunt : automatizarea folosirii resurselor energetice de către centralele electrice, staţiile de gazeificare subterană a cărbunelui, instalaţiile energetice eoliene. Transportul automatizat al energiei electrice pe linii de transport de înaltă tensiune, precum şi transportul automatizat al căldurii în sistemul termic de distribuţie, se îmbină armonios cu automatizarea extracţiei de combustibil şi a transportului automatizat al acestuia prin conducte de petrol şi gaz.

In anii orânduirii sovietice, au fist create sute de puncte de sprijin ale electrificării şi anume centrale electrice raionale, care asigură alimentarea cu energie electrică a economiei naţionale. Majoritatea centralelor electrice de utilizare generală sunt reunite într'o reţea raională. In prezent, se desfăşoară lucrări de legare interraională a sistemelor energetice. Marile centrale hidroelectrice de pe Volga dela Cuibâşev şi Stalingrad vor servi ca puncte de sprijin ale sistemului unic de înaltă tensiune ce se crează în partea europeană a U.R.S.S. In cursul celui de-al cincilea plan cincinal, va fi construită veriga principală a acestui sistem grandios — linia de transport a energiei electrice dela Cuibâşev la Moscova. Mai mult de jumătate din energia produsă de marea centrală hidroelectrică dela Cuibâşev va merge în sistemul energetic al Moscovei.

O putere mai mare de un milion de kilowaţi, transmis pe o linie trifazică de 800 km lungime, sub o tensiune de 400 kW — iată caracteristicile excepţionale ale transportului de energie electrică dela Cuibâşev la Moscova. Odată cu darea în exploatare a altor uriaşe centrale hidroelectrice : dela Stalingrad, Gorchi şi Cebocsarî, precum şi a unor mari centrale termoelectrice, puterea sistemului energetic Moscova (Mosenergo) va creşte mai mult de trei ori.

Crearea unei reţele unice de înaltă tensiune în partea europeană a U.R.S.S. este una din problemele cele mai importante în realizarea programului leninist-stalinist de electrificare a Uniunii Sovietice. Această reţea va aduce mari îmbunătăţiri în funcţionarea însăşi a centralelor electrice care fac parte din acest sistem. Va scade sarcina de vârf prin necoincidenţa maximelor, va creşte rentabilitatea funcţionării centralelor ca urmare a încărcării maxime a grupurilor ce vor lucra cu un randament ridicat, se va micşora numărul grupurilor de rezervă.

Funcţionarea armonioasă a centralelor hidroelectrice şi a celor termoelectrice cu abur va avea un efect economic considerabil, constând în creşterea productivităţii utilajului energetic, în siguranţa alimentării cu energie electrică, în reducerea investiţiilor de capital, în economia mare de combustibil şi în repartizarea cât mai raţională a consumatorilor ; astfel se va realiza şi o reducere însemnată a costului energiei electrice.

O influenţă deosebită asupra funcţionării uniforme şi economice a întregului sistem energetic o va avea consumarea unei importante cantităţi de energie electrică în agricultură : pentru irigarea terenurilor şi altor lucrări agricole, se cere o cantitate maximă de energie într'un anotimp, în care în oraşe şi centre industriale, consumul de energie electrică este mai scăzut. Vor deveni astfel disponibile puteri însemnate în perioada în care se face irigarea vastelor terenuri din regiunile respective.

Astfel, pentru nevoile irigaţiei, în regiunea de dincolo de Volga, se vor putea lua — din bazinele de acumulare din amonte ale centralelor hidroelectrice dela Cuibâşev şi Stalingrad — excedente de apă provenite din viituri, care altfel ar putea deveni dăunătoare. La aceste mari hidrocentrale, se va ajunge la o concordanţă deplină a graficului de debit suplimentar provenit din viituri, cu graficul de consum de apă pentru nevoile irigaţiei. Utilizarea la irigaţie a apelor excedentare din lacurile de acumulare amonte ale acestor centrale va avea ca efect şi o îmbunătăţire apreciabilă a funcţionării acestora.

Reţeaua unică de înaltă tensiune va permite să se treacă de fapt la un sistem unic de gospodărire energetică. Crearea treptată a acestui sistem unitar va avea drept urmare electrificarea întregii ţări a Sovietelor, potrivit sarcinii trasate de V. I. Lenin prin lozinca sa istorică : „Comu-

nismul este puterea Sovietelor plus electrificarea întregei ţări", lansată la al VIII-lea Congres al Sovietelor, în anul 1920.

Energetica sovietică a lăsat în urmă, în multe domenii, pe cea din celelalte ţări. Aceasta se referă şi la rezolvarea problemei transportului de energie electrică, sub înaltă tensiune, la distanţe foarte mari, precum şi la noul utilaj energetic unic; se referă deasemenea la automatizarea şi telemecanizarea centralelor electrice şi sistemelor energetice, la folosirea complexă a resurselor hidraulice, la construcţia celor mai mari hidrocentrale din lume. Energetica sovietică a păşit înaintea tuturor ţărilor prin realizarea unei serii de probleme cum sunt: problema folosirii aburului de temperaturi şi presiuni foarte înalte, încălzirea la distanţă, teoria arderii, utilizarea energo-chimică a combustibilului, arderea combustibilului de calitate inferioară în cazanele centralelor termoelectrice, folosirea energo-tehnologică a resurselor secundare energetice din industrie, electrificarea transportului pe cale ferată, electrificarea complexă a economiei agricole, proiectarea tehnico-economică a gospodăriei energetice, etc.

Perspective de viitor

In faţa energeticienilor sovietici stă problema de a se imprima o nouă desvoltare cercetărilor ştiinţifice, pentru ocuparea primului loc în ştiinţa energetică mondială. Trebue rezolvată problema transportului de energie la distanţe mari şi foarte mari. Cercetările făcute în acest domeniu în ultimii ani au permis să se înceapă construirea liniei (unică în felul ei) de transport de energie electrică în curent alternativ, între Cuibâşev şi Moscova. Trebue rezolvată şi problema transportului de energie electrică sub înaltă tensiune, la distanţe mari, în curent continuu.

Directivele celui de al XIX-lea Congres al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, privind cel de-al cincilea plan cincinal de desvoltare a U.R.S.S., sunt de o mare putere mobilizatoare. Ele vor aduce, din partea energeticienilor sovietici, o insistenţă şi mai mare în tratarea problemelor de importanţă economică capitală, pentru a contribui în viitorul apropiat la o desvoltare şi mai rapidă a economiei sovietice.

Marile realizări ale Uniunii Sovietice în domeniul energetic crează premizele ştiinţifice şi tehnice pentru o punere în valoare, pe un plan şi mai vast, a altor isvoare de energie din Siberia, în afară de potenţialul energetic al fluviului Angara. Este vorba de marile fluvii siberiene ce se varsă în Oceanul Inghetat de Nord.

Pentru punerea în valoare a potenţialului hidroenergetic al acestor mari fluvii siberiene, s'au făcut numeroase proiecte, printre care şi cel al inginerului Davâdov; acesta a alcătuit un plan grandios de folosire complexă a energiei hidraulice a marilor fluvii siberiene Obi şi Ienisei, care transportă imense cantităţi de apă spre Oceanul Inghetat.

Situaţia hidrografică a Uniunii Sovietice arată că debitul total anual de 4 000 km³ al celor 1 500 cursuri principale de apă de pe teritoriul U.R.S.S. este neegal repartizat pe cele cinci mari bazine ale sale; astfel, în timp ce în Oceanul Inghetat se varsă aproape 60% din cantitatea de apă, spre Marea Caspică şi lacurile din Asia Centrală curg în total mai puţin de 10% din ape, ceeace este cu totul disproporţionat faţă de nevoile regiunilor respective [2]).

Alimentate atât de deficitar, aceste regiuni cuprind mari întinderi de pustiu şi stepă, precum şi zone vaste de precipitaţii insuficiente, unde irigaţia poate modifica radical condiţiile de desvoltare a agriculturii şi zootehniei.

Prelevările din Volga, planificate în sistemul „Volga cea Mare" pentru irigaţii în regiunea sarpiniană între Volga şi Ural, vor scade în — etapa finală — cantitatea de apă dusă de fluviul Volga în Marea Caspică; aceasta va avea drept consecinţă o scădere a nivelului şi a suprafeţii Mării Caspice, ceeace ar putea duce atât la micşorarea producţiei pescuitului (care constitue 35—40% din întreaga producţie de peşte a U.R.S.S.), cât şi la modificări climatice simţitoare.

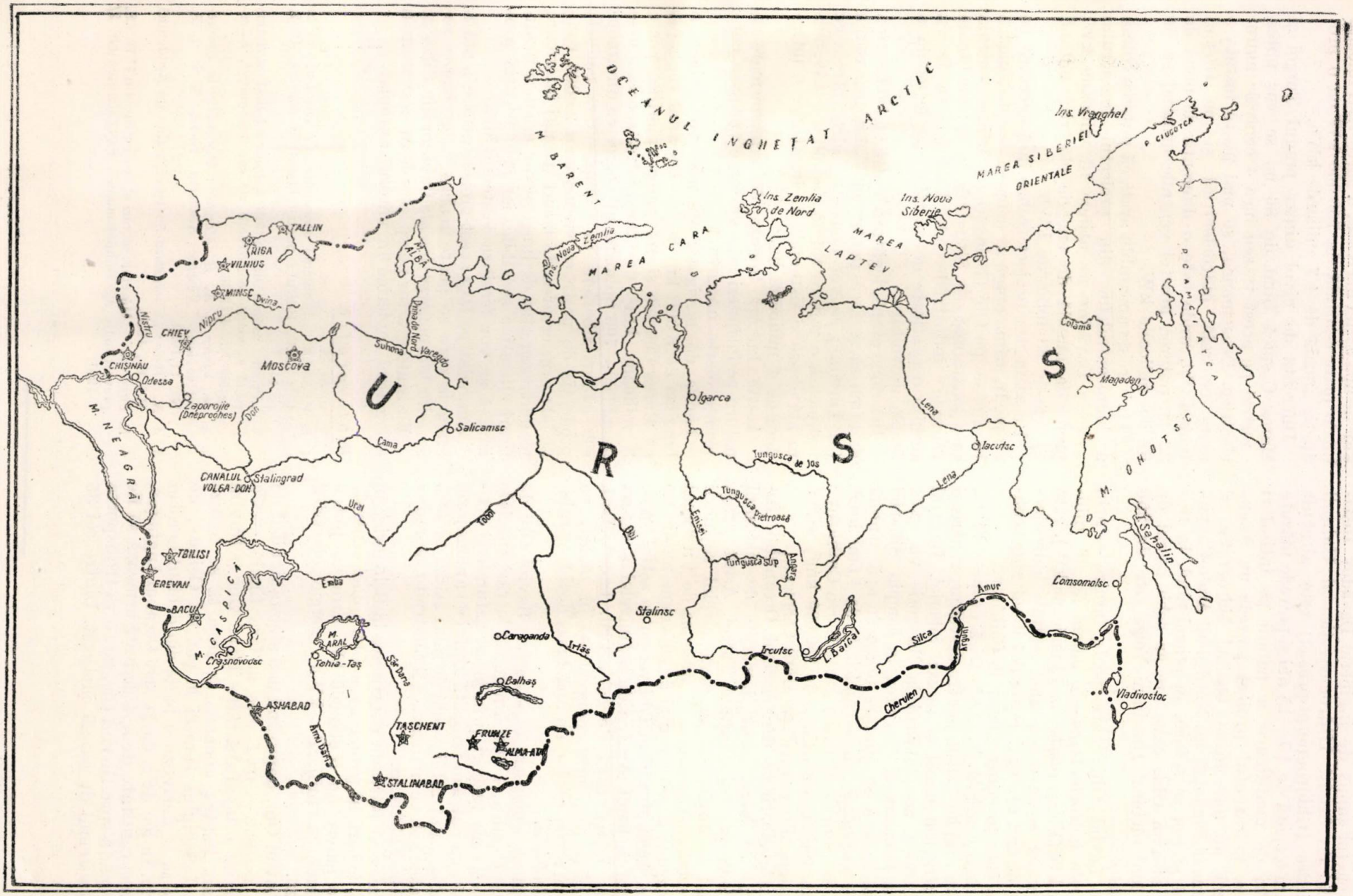
La irigarea acestor regiuni, nu pot fi folosite apele Bazinului Aral-Caspică fiindcă şi ele sunt deficitare. Pentru a transforma, prin irigare, vastele ţinuturi aride, de peste 8 milioane ha, în zone producătoare de bumbac şi alte culturi subtropicale, este nevoie de 60 km³ apă pe an din cei 54 km³, pe care fluviile Sîr-Daria şi Amu-Daria le aduc anual în apele sărate ale lacului Aral. Această prelevare ar reduce în scurt timp suprafaţa lacului Aral dela 70 000 km² la 12 300 km², cecace ar avea consecinţe climatice negative pentru întreaga regiune.

In total, pentru terenurile ce au nevoie de irigaţie în acea regiune şi care se întind pe o o suprafaţă de 100 milioane ha, este necesară o cantitate uriaşă de ape şi anume 300 km³ pe an; în stadiul final al eventualităţii executării planului Davâdov, ar fi nevoie de 480 km³ apă, pentru toate lucrările complexe de irigaţie, navigaţie, alimentare cu apă, piscicultură, etc. Această cantitate enormă de apă se va putea lua — după cum arată hidroenergeticienii sovietici — din apele care curg fără folos în Siberia, spre Oceanul Inghetat de Nord.

Ar părea, la prima vedere, că îndreptarea spre Sud a marilor ape din bazinul hidrografic al Oceanului Inghetat de Nord ar fi nerealizabilă. Totuşi, încă la finele secolului al XIX-lea, savantul rus Dcuceacov a sugerat îndrumarea spre Marea Caspică a unei părţi din apele fluviului Obi. O asemenea propunere nu a putut fi însă tradusă în viaţă în regimul feudalo-capitalist, în care forţele de producţie ale ţării erau frânate şi împiedecate în desvoltarea lor firească.

---

[2]) *B. Popovschi*: „Măreţele lucrări hidroelectrice din U.R.S.S. prevestitoare ale Comunismului", Electricitatea Nr. 2/1951.


OCEANUL INGHEȚAT ARCTIC
M. BARENT
MAREA CARA
Ins. Nova Zemlia
Ins. Zemlia de Nord
Ins. Nova Siberie
MAREA LAPTEV
MAREA SIBERIEI ORIENTALE
Ins. Vranghel
P. CIUCOTCA
P. CAMCIATCA
M. OHOTSC
L. Sahalin
Colama
Magadan
Lena
Iacutsc
Tungusca de Jos
Tungusca Pietroasă
Tungusca Sup
Enisei
Angara
Ircutsc
L. Baical
Silca
Argun
Amur
Cherulen
Comsomolsc
Vladivostoc
Igarca
Stalinsc
Caraganda
Irtâș
Balhaș
Obi
Tobol
Salicamsc
Cama
Ural
Emba
M. ALBĂ
Drina de Nord
Varegdo
Suhona
Moscova
Don
Zaporojie (Dnepropheș)
Nistru
Nipru
CHIEV
CHIȘINĂU
Odessa
M. NEAGRĂ
CANALUL VOLGA-DON
Stalingrad
TBILISI
EREVAN
BACU
M. CASPICĂ
Crasnovodsc
M. ARAL
Tehia-Taș
Sâr Daria
Amu Daria
AȘHABAD
TAȘCHENT
FRUNZE
ALMA-ATA
STALINABAD
TALLIN
RIGA
VILNIUS
MINSC
Dvina
U R S S

Proiectul supus de inginerul Davâdov Institutului de Studii Hidroenergetice al Uniunii Sovietice (Ghidroenergoproiect) este alcătuit pentru o epocă de 10—15 ani şi prevede măreţe lucrări de modificare a naturii pe întinderi uriaşe. Îndrăznetul proiect prevede un imens schimb de ape între bazinul hidrografic al Oceanului Inghetat de Nord şi cel Aralo-Caspic. Acest proiect se referă, în primul rând, la fluviul siberian Obi, care are un debit anual de 394 km³ (debitul fluviului Volga este de 256 km³/an).

Pe fluviul Obi, care poate furniza — prin centrale hidroelectrice — o putere de 26 milioane kW (Volga poate da 12 milioane kW), este proiectată construirea unei centrale hidroelectrice de trei ori mai puternică decât supercentrala care se construieşte la Cuibâşev.

Uriaşa centrală hidroelectrică de pe Obi va avea un rol hotărîtor pentru desvoltarea întregii industrii din Urali şi apusul Siberiei. Barajul proiectat a se construi la Belogorie va avea 78 m înălţime şi va crea în câmpia Siberiei Occidentale o acumulare uriaşe de apă, o nouă mare interioară, cu o capacitate de 4 500 km³, deci de 10 ori mai mare decât Marea Cuibâşev; ea va avea o suprafaţă de 250 000 km², adică jumătate din suprafaţa Mării Caspice.

Apele siberiene din bazinul Oceanului Inghetat de Nord sunt despărţite de sistemul Aralo-Caspic prin pragul Turgoi. Acest prag, având în medie 26 m peste nivelul reţinerii proiectate, urmează a fi străpuns de un canal în lungime de 930 km şi de adâncime medie de 40 m. Apele fluviului Obi vor putea astfel trece parţial în lacul Aral, ridicând nivelul acestuia cu un metru faţă de cel actual. Lacul Aral, ale cărui ape sunt concentrate în săruri, va deveni astfel un lac cu apă dulce, deci favorabil pisciculturii.

Din cei 4 000 km care despart fluviul Obi de Marea Caspică, 1 800 km nu cer lucrări speciale fiindcă sunt treceri prin lacuri naturale şi artificiale, iar 950 km necesită lucrări de amenajare, deoarece sunt albii vechi de râuri astăzi secate. Canalele noi, ce urmează a fi construite, se reduc deci la 1 250 km.

Proiectul prevede construirea în Belogorie, în aval de barajul proiectat pe Obi, a unei centrale cu o putere de 5 600 000 kW, care va putea produce 34 miliarde kWh energie electrică pe an.

Fluviul Obi, neputând însă asigura debitul de apă necesar — mai ales în faza finală, — s'a proiectat o legătură între fluviul Obi şi fluviul Ienisei. Pentru aceasta, ar urma să se bareze cursul fluviului Ienisei în punctul Osinov, de unde să se deriveze o parte din debitul acestui fluviu. In loc de a curge spre Oceanul Inghetat, enorma cantitate de apă derivată urmează să fie îndreptată spre fluviul Obi, care o va transporta spre sistemul de canale proiectat. Dintre cei 35 km² de apă astfel derivată, o parte va fi folosită într'o mare centrală de 750 000 kW cu o producţie anuală de 4,7 miliarde kWh.

Diferenţa de nivel dintre pragul Turgoi şi Marea Caspică fiind de 86 m, se vor putea construi pe acest traseu încă 4 centrale hidroelectrice. Deasemenea, se mai poate instala o mare centrală hidroelectrică şi pe traseul Ienisei-Obi, unde este o diferenţă de nivel de 35 m, puterea acestei centrale urmând să fie de 2,6 milioane kW.

O privire de ansamblu arată că puterea totală a hidrocentralelor din proiectul inginerului sovietic Davâdov ar atinge 13 milioane kW, producţia anuală de energie electrică putând ajunge de 83 miliarde kWh.

Un asemenea proiect trebue însă executat pe etape. In prima etapă ar urma să se construiască barajul de pe Obi (Belogorie) şi uriaşa centrală menţionată mai sus. Situată la numai 500 km de centrele industriale ale Uralului, ea le va furniza o cantitate de energie care le va da o amplă desvoltare.

In a doua etapă, legătura dintre Obi şi Caspica ar urma să se facă pentru un debit mai redus (31 km³/an); se vor construi hidrocentrale ce însumează o putere totală de 750 [illegible] kW, alimentându-se şi sistemele de irigaţii pe o întindere de 4 milioane ha.

Aceste lucrări imense de transformare a naturii pe întinderi atât de vaste vor avea consecinţe foarte importante.

Liniile de navigaţie fluvială vor atinge o lungime de 8 000 km legând Oceanul Inghetat cu Marea Caspică şi vor putea valorifica peste 5 milioane km² de taigă, transportându-se anual 600—700 milioane m³ cherestea din imensele păduri siberiene în regiunile fără păduri; producţia de peşte se va mări cu 25 000 tone anual; prin crearea de lacuri şi mări interioare pe un traseu atât de lung, se vor produce modificări climatice sensibile, iar prin irigaţia proiectată se vor fertiliza vaste regiuni.

Am redat pe larg acest proiect pentru a arăta scara la care se poate realiza valorificarea resurselor hidroenergetice ale fluviilor din Siberia.

Ele arată grăitor perspectivele de desvoltare a energeticei sovietice în viitorul apropiat.

Bibliografie

1. *I. V. Stalin*: „Probleme economice ale socialismului în U.R.S.S.", Editura pentru literatura politică, 1952, p. 44.
   — „Privire asupra desvoltării hidroenergeticei sovietice până la marile construcţii ale comunismului", Energetica Nr. 4/1953.
2. *A. N. Vinter* şi *A. B. Marchin*: Perspectivele energeticei sovietice, Vestnic Academii Nauc, S. S. S. R. Nr. 11/1952.
3. *A. N. Vinter*: „Energetica Sovietică", Editura Academiei R.P.R., 1950.
4. *B. Popovschi*: „Măreţele lucrări hidroelectrice din U.R.S.S, prevestitoare ale comunismului", Electricitatea Nr. 2/1951.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
   În mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
   Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
   Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
   Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
   Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
    Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
    Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Min- Poştelor şi Telecomunicaţiilor; **Curs de aparate şi instalaţii telefonice** . . . . . 176 pag. 13,96 lei

M. V. Maximov: **Dispozitive de telemăsurat** (traducere din limba rusă) . . . . . 72 „ 1 „

G. I. Babat: **Electricitatea în acţiune** (traducere din limba rusă) . . . . . 400 „ 17,20 „

V. P. Sennitchi: **Elemente galvanice construite de amatori** (traducere din limba rusă) . . . . . 88 „ 1,24 „

M. M. Epanesnicov şi N. V. Socolov: **Iluminatul electric** (traducere din limba rusă) . . . . . 234 „ 11,56 „

B. I. Lugovscoi: **Iluminatul fluorescent** (traducere din limba rusă) . . . . . 104 „ 5,56 „

A. S. Gorscov: **Indicii tehnico-economici din centralele termoelectrice** (traducere din limba rusă) 420 „ 30,43 „

P. G. Chiselev: **Indreptar pentru calcule hidraulice** (traducere din limba rusă) . . . . . 632 „ 39,25 „

A. M. Comarov şi V. V. Lucnitchi: **Indreptar pentru termotehnicienii centralelor electrice** (traducere din limba rusă) . . . . . 452 „ 26,55 „

Serv. de Presă al Oficiului de Invenţii din Budapesta: **Inovaţii din domeniul industriei electrotehnice** (traducere din limba maghiară) . . . . . 240 „ 10,45 „

V. N. Costocichin: **Instalaţii de tiraj aspirat şi refulat din centralele electrice. Ventilatori** (traducere din limba rusă) . . . . . 308 „ 17,08 „

D. A. Conasinschi şi I. I. Turlaghin: **Introducerea în tehnica ultrafrecvenţelor** (traducere din limba rusă) . . . . . 120 „ 6,71 „

I. L. Caganov: **Mutatori electronici şi ionici** (traducere din limba rusă) . . . . . 522 „ 40,75 „

E2039
REFERATIVA
Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - ÖSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА
KAT

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Műszaki Könyvtár TULAJDONA

11

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1953

Mocs.

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacție

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Noembrie 1953 ★ Nr. 11 Redacția: București, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

NUMĂR ELABORAT IN COLABORARE CU INSTITUTUL DE ENERGETICĂ AL ACADEMIEI R.P.R.

SUMARUL

Pag.

Alegerile de deputați pentru Sfaturile Populare 1

I. S. Gheorghiu, acad.: Din activitatea Institutului de Energetică 3

ENERGETICA GENERALA

I. D. Stăncescu, conf. ing.: Îmbinarea organică a energeticii generale cu energetica locală și a regiunii 7

TERMOENERGETICA

I. Saphier, conf. ing.: Alegerea variantei optime de recuperare a pierderilor de căldură din industrie 11

A. Sinescu, conf. ing.: Posibilitățile actuale de îmbunătățirea randamentelor termice din siderurgie prin recuperarea pierderilor de căldură 17

M. Blumenfeld și *G. Wais*, ing.: Metodă rapidă de calcul pentru recuperarea căldurii la motoarele cu ardere internă 23

ELECTROENERGETICA

P. Dimo, ing.: Cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutru izolat 26

F. Manea, ing.: Exemplu de calcul al supratensiunii prelungite 31

E. Potolea, ing.: Supratensiuni de origine internă în rețelele electrice de înaltă tensiune și măsuri de protecție 33

I. Solomon, ing: Măsurarea rezistenței prizelor de pământ cu puntea de curent continuu 42

G. Drăgan, ing.: Notă 47

НОМЕР СОСТАВЛЕННЫЙ В СОТРУДНИЧЕСТВЕ С ИНСТИТУТОМ ЭНЕРГЕТИКИ АКАДЕМИИ Р.Н.Р.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Выборы депутатов в народные советы 1

И. С. Георгиу: Из деятельности Института Энергетики 3

ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

И. Д. Станческу: Органическое сопряжение промышленной энергетики с местной энергетикой . 7

ТЕРМОЭНЕРГЕТИКА

И. Сафир: Выбор оптимального варианта рекуперации потерь тепла в промышленности 11

А. Синеску: Актуальные возможности улучшения тепловых к.п.д. черной металлургии рекуперацией потерь тепла 17

М. Блуменфелд и *Г. Вайсс*: Скоростной метод рассчета рекуперации тепла у двагателей внутреннего сгорания 23

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

П. Димо: Причина длительных перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью 26

Ф. Маня: Пример рассчета длительного перенапряжения 31

Е. Потоля: Перенапряжение внутреннего происхождения в электрических сетях и защитные меры 33

И, Соломон: Измерение сопротивления заземлений мостом постоянного тока 42

Г, Драган: Нота 47

Országos Műszaki Könyvtár BUDAPEST

ALEGERILE DE DEPUTAȚI PENTRU SFATURILE POPULARE

La 20 Decembrie 1953, milioane de cetățeni din patria noastră se vor prezenta în fața urnelor pentru a alege pe cei mai buni din rândurile lor în organele locale ale puterii de stat.

In viața politică a țării noastre la care participă în mod activ milioane de oameni, alegerile de deputați pentru Sfaturile Populare constitue un eveniment de cea mai mare importanță, ele având menirea de a contribui și mai mult la strângerea legăturii organelor puterii de stat cu masele, la continua întărire a statului nostru democrat popular.

Actuala campanie pentru alegerea deputaților în Sfaturile Populare se desfășoară în condițiile unor serioase succese ale lagărului păcii și democrației în frunte cu Uniunea Sovietică, în lupta pentru destinderea încordării internaționale, pentru pace, pentru preîntâmpinarea unui nou război.

Popoarele urmăresc cu vigilență uneltirile dușmanilor fățiși ai păcii, milioane de oameni de pretutindeni ridicându-se la lupta plină de abnegație pentru pace, libertate și progres.

Eșecul planurilor agresorilor americani în Coreea a demonstrat încă odată lumii întregi că au apus vremurile când imperialiștii puteau să poruncească nestânjenit popoarelor înrobite din țările coloniale și dependente.

Incheerea armistițiului în Coreea a atenuat primejdioasa încordare din această parte a lumii, creind premizele pentru rezolvarea tuturor problemelor litigioase pe baza înțelegerii reciproce între forțele interesate.

Este cunoscută propunerea Uniunii Sovietice de a se discuta în cadrul unei conferințe a reprezentanților Statelor Unite, Angliei, Franței, Uniunii Sovietice și Republicii Populare Chineze măsurile comune pentru atenuarea încordării în relațiile internaționale în vederea interzicerii armelor de distrugere în masă, pentru justa soluționare a problemei germane.

Desfășurarea evenimentelor subliniază neîncetat superioritatea covârșitoare a forțelor păcii, democrației și socialismului asupra forțelor reacțiunii și războiului. In timp ce pregătirile de război, pe care le desfășoară țările blocului Atlantic și în primul rând Statele Unite, sunt însoțite de fascizarea vieții publice în acele țări, în timp ce se adâncește pauperizarea oamenilor muncii iar profiturile marilor monopoluri cresc în mod scandalos, Partidul Comunist al Uniunii Sovietice se îngrijește neîncetat de satisfacerea nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale oamenilor muncii.

Recentele Hotărîri, adoptate de Consiliul de Miniștri al U.R.S.S. și de Comitetul Central al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice cu privire la măsurile pentru desvoltarea continuă a agriculturii în U.R.S.S., la lărgirea producției de mărfuri alimentare și a producției de mărfuri industriale de larg consum, precum și Hotărîrea cu privire la măsurile pentru desvoltarea comerțului sovietic, reprezintă un program gigantic care își va găsi expresia în creșterea necontenită a venitului național, în reducerea sistematică a prețurilor mărfurilor de larg consum, în ridicarea salariului real al muncitorilor și funcționarilor și a veniturilor țăranilor.

Eliberarea patriei noastre de către glorioasele Armate Sovietice a deschis drumul forțelor muncitorești și democratice conduse de Partid, spre cucerirea regimului democrat popular, regim ce a descătușat imensele forțe creatoare ale poporului.

In urma cuceririi puterii populare de către clasa muncitoare, datorită muncii eroice a maselor populare, a prieteniei și colaborării cu Uniunea Sovietică, s'a pus capăt desvoltării anarhice a economiei naționale, creindu-se condițiile pentru o desvoltare planificată, armonioasă a acesteia. Sub conducerea Partidului, care se călăuzește în politica sa după învățătura marxist-leninistă, după cerințele desvoltării vieții materiale a societății, poporul nostru a obținut în anii puterii

populare mari succese în construcția economică și culturală.

Partidul a cărei lege supremă este făurirea fericirii poporului, se călăuzește în politica sa, în mod consecvent, după linia politică de construire a socialismului a cărei lege economică fundamentală este asigurarea satisfacerii — într'o măsură tot mai mare — a nevoilor materiale și culturale ale poporului muncitor, a adoptat un program de măsuri economice, menit să lichideze lipsurile și să dea un nou avânt creșterii bunei stări a poporului, prin ridicarea producției agricole, sporirea bunurilor de larg consum, desvoltarea construcției de locuințe și alte lucrări în domeniul social, sanitar, cultural, etc.

O condiție esențială a asigurării succesului deplin al construcției socialismului o constitue întărirea necontenită a statului democrat popular. De aceea alegerile de deputați în Sfaturile Populare au o deosebită importanță, ele fiind expresia vie și cea mai largă a alianței de luptă dintre clasa muncitoare și țărănimea muncitoare, sub conducerea clasei muncitoare.

Profundul democratism s'a manifestat și de această dată prin faptul că mai bine de o jumătate de milion de cetățeni fac parte din comisiile electorale, alte zeci de mii activează în cadrul comisiilor secțiunilor de votare, iar candidații sunt desemnați de însăși alegători.

In adunări însuflețite au fost propuși drept candidați ai Frontului Democrației Populare conducătorii iubiți ai partidului și guvernului, muncitori și țărani muncitori, oameni de știință și artiști, tineri și vârstnici, femei și bărbați, tovarăși care prin munca și activitatea lor socială, prin întreaga lor atitudine și-au cucerit stima și dragostea maselor.

Campania electorală constitue o nouă și puternică demonstrație a unității moral politice a poporului nostru muncitor care sub conducerea partidului își clădește propria sa fericire. In cinstea alegerilor, în întreprinderi, uzine și pe ogoare se duce o muncă și mai însuflețită pentru traducerea în viață, cu un minut mai devreme a Hotărîrilor partidului pentru desvoltarea economiei naționale în vederea ridicării nivelului de trai, material și cultural al celor ce muncesc.

Oamenii muncii din orașele și satele patriei noastre cinstesc alegerea deputaților în Sfaturile Populare cu rezultate frumoase în muncă pentru realizarea acestor sarcini de care depinde îmbunătățirea rapidă a condițiilor de viață.

Sfaturile Populare care sunt chemate să îndeplinească un mare rol organizator în desvoltarea economică și culturală a regiunilor, raioanelor, orașelor și satelor noastre vor trebui să contribue și mai activ la construirea socialismului în patria noastră.

DIN ACTIVITATEA INSTITUTULUI DE ENERGETICĂ

Acad. Prof. I. S. GHEORGHIU
Director al Institutului de Energetică

In cadrul activității științifice a Academiei R.P.R., strâns legată de problemele actuale și de perspectivă ale construirii socialismului în țara noastră, îi revine Institutului de Energetică importanta sarcină de a efectua cercetările legate de valorificarea resurselor energetice ale țării, alimentarea în condiții optime cu energie a diferitelor sectoare economice precum și studiul utilizării energiei sub diversele ei forme.

Odată cu elaborarea și trecerea la înfăptuirea Planului de Electrificare, această problemă capătă o importanță din ce în ce mai mare.

Institutul de Energetică s'a străduit să contribue în cât mai mare măsură la realizarea Planului de Stat și Planului de Electrificare, alcătuindu-și planul său de activitate în colaborare cu diferitele Departamente, astfel încât problemele puse să corespundă unor necesități reale din domeniul energeticei noastre.

Pentru îndeplinirea acestui plan de lucru, Institutul s'a preocupat de crearea condițiilor necesare desfășurării unei activități științifice organizate și anume: afectarea unui personal științific permanent, care — lucrând alături de colaboratorii externi — să asigure o continuitate în efectuarea cercetărilor programate; amenajarea și utilarea unui local propriu, care să reunească toate secțiile cu laboratoarele, atelierul, biblioteca, personalul administrativ, etc.

Din problemele, ce au fost rezolvate în Institutul de Energetică, vom aminti:

Studiul posibilității de apariție a inversiunii fazelor în cazul întreruperii unei faze. In legătură cu proiectarea sistemelor electroenergetice,, Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. s'a preocupat în special de studierea fenomenelor care produc întreruperi în furnizarea energiei electrice și defectări în instalațiile electrice respective, cu scopul de a găsi măsurile cele mai potrivite pentru evitarea acestor accidente.

In acest sens, s'a pus la punct o metodă pentru calculul inversiunii fazelor în cazul întreruperii unei faze în rețelele electrice de înaltă tensiune; acest fenomen, deși apare rar, este deosebit de periculos prin amploarea avariilor pe care le poate produce. Metoda de calcul elaborată permite predeterminarea condițiilor în care defectul poate apare și deci eliminarea posibilităților de apariție a unui asemenea defect deosebit de grav.

Unul din defectele cele mai supărătoare în rețelele de înaltă tensiune cu neutrul izolat, este acela care se produce în cazul punerii la pământ a unei faze; acest defect, foarte frecvent în unele rețele electrice, este periculos în special prin faptul că supratensiunea ce o produce antrenează defectări simultane în diferite puncte ale rețelei și provoacă numeroase întreruperi în furnizarea energiei electrice.

O explicație mulțumitoare a acestui fenomen nu s'a putut da până astăzi. Deaceea, nici nu au fost găsite mijloace sigure de protecție. Inscriind această problemă în programul său, Institutul de Energetică, prin unul din colectivele sale, a reușit să elaboreze o nouă teorie care permite predeterminarea supratensiunilor posibile, în funcție de condițiile de exploatare a sistemului electric dat. Această teorie, care a fost confirmată de calculele efectuate asupra câtorva cazuri reale, reprezintă o contribuție importantă în cunoașterea unei surse curente de defecte și întreruperi în rețelele electrice, dând posibilitatea de a preîntâmpina aceste defecte.

Supratensiuni de origină atmosferică în rețelele electrice. In problema supratensiunilor de origină atmosferică, care reprezintă sursa celor mai multe avarii în rețelele electrice, s'au făcut studii asupra repartizării zonelor periclitate pe teritoriul țării (în legătură cu aceasta a fost întocmită prima hartă keraunică pentru țara noastră), asupra metodelor de măsurare a supratensiunilor și a curenților de trăsnet, asupra metodelor de protecție.

Calculul forțelor axiale în caz de scurtcircuit la transformatoarele electrice. Pentru a veni în ajutorul industriei noastre electrotehnice, căreia îi revine sarcina de a construi mașini electrice de mare putere, aparataje electrice de înaltă tensiune și o mare varietate de utilaj electrotehnic, Institutul de Energetică se preocupă de a pune la dispoziția constructorilor de mașini și aparate electrice, metode de calcul și proiectare, în vederea ridicării siguranței în funcționare și a economisirii unor materiale deficitare.

Astfel, în legătură cu realizarea în țară a transformatoarelor de mare putere și de înaltă tensiune, se pune problema determinării suficient de precise a forțelor mecanice care solicită bobinele transformatorului în caz de scurtcircuit, problemă de mare importanță, deoarece cele mai multe distrugeri de transformatoare se datoresc smulgerii bobinelor din această cauză. Metodele de calcul cunoscute dau erori mari.

In urma calculelor și încercărilor efectuate de un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., asupra transformatoarelor ce se construesc în țară, s'a ajuns la elaborarea unei noi metode și anume: o metodă teoretică bazată pe extinderea metodei indicate de savantul sovietic G. N. Petrov pentru calcularea reactanțelor și o nouă metodă semiempirică, ca variantă a metodelor semiempirice cunoscute, și care conduce la rezultate mai exacte și mai ușor de aplicat.

Norme pentru calculul arborelui electric. O problemă întâlnită în diferite ramuri

industriale, în legătură cu acționarea electrică a ecluzelor marilor canale, a diferitelor mașini din industria de hârtie, din industria textilă, din industria cinematografică, etc., este aceea a acționării simultane și cu viteze riguros egale a unor instalații așezate la distanțe mari unele de altele, sau a căror amplasare împiedică instalarea unor transmisii mecanice. Această problemă se rezolvă prin instalarea unui arbore electric, adică a unui complex de mașini electrice legate prin anumite transmisiuni electrice. Dimensionarea și proiectarea arborelui electric nu era însă cunoscută proiectanților din țara noastră. Pe bază de calcule și de determinări experimentale, au fost puse la punct de către un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., normele de proiectare pentru arborele electric în vederea diferitelor sale aplicații.

Calculul și proiectarea mașinii electrice amplificatoare (amplidină). Studiind aplicațiile mașinilor electrice în domeniul automatizării proceselor industriale, Institutul de Energetică a pus la punct bazele de proiectare ale celei mai largi și variat utilizate mașini electrice amplificatoare, care este amplidina, puțin cunoscută la noi în țară. Institutul, ținând seamă de tehnologia fabricilor noastre constructoare de mașini electrice, a întocmit două proiecte de construcție a unor prototipuri de amplidină, dintre care unul a fost dat spre executare într'una din întreprinderile Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, iar celălalt se execută în atelierul Institutului.

Realizarea în țară a amplidinei va permite rezolvarea unor probleme importante de acționări electrice, precum : reglarea automatică a vitezei motoarelor electrice, în special la laminoare, reglajul automat al tensiunii generatoarelor electrice, etc.

Studiul mașinilor electrice cu inductanță variabilă. Urmând calea deschisă de savanții sovietici Papalexi și Mandelstam în ceeace privește crearea unor mașini electrice bazate pe un nou principiu de funcționare — mașini electrice cu parametri variabili — un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R. cercetează baza de calcul a acestor tipuri de mașini electrice și totodată studiază experimental aplicațiile practice ale acestui nou principiu. In primul rând, se urmărește crearea pe baza acestui principiu, a unui nou tip de ciocan electric pentru nituit, pentru abataje, etc. Se știe că instalațiile pneumatice, care alimentează ciocanele pneumattice — folosite în mod curent în industrie — au un randament energetic deosebit de scăzut și deaceea înlocuirea ciocanelor pneumatice prin ciocane electrice prezintă o mare importanță.

Studiul economisirii de combustibil prin introducerea termoficării în R.P.R. Termoficarea — producerea simultană de energie și căldură, prin utilizarea în procese industriale și pentru încălzit a căldurii aburilor care au lucrat în turbine — constitue una din cele mai însemnate realizări ale energeticei sovietice, permițând să se obțină mari economii de combustibil. Introducerea termoficării la noi în țară preocupă îndeaproape și pe proiectanții de centrale termoelectrice din R.P.R.. Pe lângă importanța pe care o reprezintă problema termoficării, în ceeace privește economia de combustibil, realizarea pe baza termoficării a alimentării centralizate cu abur și apă caldă a unor întregi cartiere de locuințe, va permite crearea unor condiții igienice superioare, înscriindu-se astfel în opera de reconstrucție socialistă a orașelor noastre.

Aplicarea termoficării pe o scară largă este însă condiționată de rezolvarea prealabilă a unor probleme tehnico-economice în legătură cu clima și condițiile economice ale țării noastre.

Ținând seama de importanța deosebită, pe care o are această problemă pentru energetica din țara noastră, i s'a dat o desvoltare corespunzătoare și în tematica Institutului de Energetică.

Paralel cu elaborarea teoretică a bazelor de calcul pentru alegerea soluțiilor optime, care să țină seamă de condițiile climatice și economice specifice țării noastre, au fost studiate și două cazuri concrete și anume : un caz de încălzire prin termoficare a unui cartier din tr'un mare oraș și un caz de termoficare mixtă (industrială și urbană) a unui centru industrial. Prin studierea a două cazuri tipice de regimuri de temperatură caracteristică pentru câte o regiune a țării, au reeșit concluzii importante pentru rezolvarea problemei termoficării.

Ridicarea randamentului termic al întreprinderilor prin recuperarea pierderilor de căldură. Energetica industrială studiază problemele privind diversele transformări ale energiei în industrie, ținând seama de interdependența proceselor energetice și a proceselor tehnologice, care utilizează energia ; acestui capitol îi revine o deosebită importanță în cadrul cercetărilor energetice.

Energetica sovietică dă nenumărate exemple, în care — prin utilizarea căldurii conținute în gazele arse, în apa de răcire, etc., prin utilizarea deșeurilor combustibile sau prin diferite modificări ale schemei energetice — se obțin reduceri considerabile ale consumului de combustibil sau se pun în valoare aproape gratuit cantități importante de energie.

Deoarece cea mai mare parte a energiei este folosită în industrie sub formă de căldură, iar randamentul utilizării energiei termice este cel mai scăzut, Institutul de Energetică și-a concentrat atenția asupra îmbunătățirii randamentelor termice și industriale.

S'au obținut succese în această direcție, în special în domeniul industriei siderurgice. Astfel, dându-se o nouă utilizare gazelor de furnal în cadrul procesului tehnologic, s'a putut obține o importantă economie de cocs, precum și îmbunătățirea esențială a condițiilor de muncă, prin eliminarea gazelor nocive.

In ceeace privește industria de hârtie, pe baza cunoașterii bilanțului termic al unei fabrici, s'a studiat posibilitatea utilizării în procesul

tehnologic a unei importante cantități de căldură, care azi se pierde.

Studiul teoretic și experimental al contactelor electrice. In aparatele de joasă și înaltă tensiune, contactele constitue o problemă spinoasă, atât la construcții, cât și în exploatare. Cu toate studiile și cercetările întreprinse și publicate în ultimul timp asupra contactelor, care au relevat între altele noi concepții asupra naturii fizice a contactelor, numeroase probleme privind teoria, comportarea, parametrii și influențele contactelor, rămânând încă neclarificate, industria electrotehnică cere pe drept cuvânt un ajutor substanțial pentru rezolvarea problemelor concrete care se pun în legătură cu materialul, forma, presiunea, sarcina, încălzirea și uzura contactelor.

Pentru a răspunde acestor cerințe, în Secția de Electrotehnică a Institutului de Energetică, s'au programat și întreprins o serie de cercetări teoretice și experimentale pentru lămurirea comportării contactelor, ținând seama în mod deosebit de condițiile reale în fabricație și exploatare, pentru a putea da un ajutor efectiv industriei.

In primul rând, s'a strâns și sistematizat materialul documentar privind contactele, consultând și studiind toate sursele disponibile și mai ales pe cele sovietice. Pe baza materialului documentar și a necesităților industriei, s'au fixat obiectivele principale și întocmit planurile definitive de lucru.

Cercetările teoretice s'au referit pe deoparte la influența presiunii asupra rezistenței de contact, utilizând în acest scop pe o scară largă schema contactelor de dispersiune, în care rezistența este dată de stricțiunea liniilor de curent, pe de altă parte la încălzirea staționară a contactelor de diferite forme.

Cercetările experimentale au început după ce s'au realizat câteva dispozitive speciale de cercetare a contactelor. Dintre acestea, cea mai remarcabilă este o balanță care permite măsurarea precisă a forței de presare a contactelor în limite foarte largi, începând cu fracțiuni de grame până la sute de kilograme.

Această forță se aplică strict normal pe suprafața de contact. In același timp, s'a proiectat și realizat o instalație specială de alimentare cu curent alternativ până la 1 kA, constând din două transformatoare în serie, ceeace permite o reglare continuă și fină a curentului. Măsurarea temperaturii se efectuează pe același dispozitiv cu ajutorul unor termoelemente. Se mai măsoară cu dispozitive speciale (compensatori, punți, voltmetre electronice) căderea de tensiune în contacte.

Executarea concomitentă a acestor măsurători permite a descoperi relații interesante între diferiți parametri, de care depinde comportarea contactelor.

Posibilitatea obținerii de energie la exploatările de gaze naturale. In exploatările de gaze naturale, sondele debitează gazele la presiuni variate, care depind de diferiți parametri ca : orizontul la care se află zăcământul, gradul său de epuizare, etc. Utilizarea gazului necesită transportul lui la presiuni, care depind de distanța la care se transportă. Rezultă că presiunea la care debitează sonda este în general diferită de presiunea la care se livrează gazele pe conducta de transport, aceste două presiuni depinzând de factori care sunt independenți unii de alții. Din această cauză, la exploatarea gazelor naturale, se întâlnesc următoarele cazuri :

a) presiunea unor sonde în exploatare este mai mare sau cel mult egală cu presiunea necesară la transport ;

b) alte sonde au presiunea inferioară presiunii necesare transportului și cu toate că ele ar mai putea furniza cantități destul de însemnate de gaze, sunt închise.

Atunci când gazele sunt livrate de sondă la presiuni superioare, gazele sunt laminate pentru a se reduce presiunea la valoarea necesară transportului, pierzându-se astfel posibilitatea de a câștiga o însemnată cantitate de energie. Deasemenea, se renunță la exploatarea unor zăcăminte din orizonturile superioare, atunci când presiunea acestora este inferioară presiunii necesare la transport. Din cele expuse, se constată o defectuoasă folosire a posibilităților câmpurilor de gaze naturale, deoarece :

— se renunță la posibilitatea de obținere de energie cu ajutorul gazelor debitate la presiuni mari ;

— nu se extrage întreaga cantitate de gaze dintr'un zăcământ ;

- se impune forarea de noi sonde, deși cele existente nu au epuizat încă întregul zăcământ.

Pentru a pune în valoare energia conținută în gazele naturale de presiune înaltă, literatura sovietică recomandă folosirea turbinei cu gaze și a compresorului cu jet de gaze, ca de pildă în următoarele cazuri :

a) presiunea sondelor net superioară presiunii necesare transportului ; în acest caz, se poate obține o cantitate de energie electrică, utilizându-se o turbină cu gaze, în care gazele sunt destinse înainte de a fi livrate pe conducta de transport ;

b) presiunea la unele sonde superioară, la altele inferioară presiunii necesare transportului ; în acest caz, cu ajutorul *compresorului cu jet de gaze*, se poate ridica presiunea gazelor livrate de sondele de presiune inferioară, prin destinderea gazelor livrate de sondele cu presiune superioară ;

c) în anumite cazuri, se poate realiza o schemă nouă, prin combinarea schemelor descrise la punctele *a*) și *b*).

In cazul în care, în cadrul unei exploatări, unele sonde debitează la o presiune superioară presiunii necesare transportului și alte sonde debitează la o presiune inferioară presiunii de transport, s'a folosit cu succes un compresor cu jet de gaze pentru a mări debitul de gaze în conducta de transport, folosind — pentru comprimarea gazelor de joasă presiune — energia conținută în gazele cu presiuni superioare.

Utilizarea rațională a combustibililor folosiți în motoarele cu ardere internă în R.P.R. La această temă, deosebit de importantă pentru economia țării noastre, lucrează colectivul de motoare cu ardere internă. In cadrul temei, care cere efectuarea de lucrări experimentale s'a pus ca primă sarcină crearea unui laborator adecuat de cercetări, utilat cu mijloace experimentale și aparatură modernă. S'a proiectat și executat, în acest scop, mai multe bancuri de probă și o serie de instalații auxiliare, necesare lucrărilor experimentale.

Paralel cu înzestrarea laboratorului, colectivul lucrează la două probleme din tema propusă. Astfel, în cursul lunilor ce urmează, vor începe încercările experimentale necesare pentru rezolvarea problemei trecerii motoarelor cu combustie internă la funcționarea cu gaz metan problemă importantă pentru economisirea combustibililor superiori la noi în țară. Deasemenea, colectivul a început studiul problemei comportării motoarelor de tractor KD—35 la funcționarea cu motorină de cracare, problemă cerută de Ministerul Agriculturii și Ministerul Petrolului și legată de sarcinile trasate de Plenara lărgită a Comitetului Central P.M.R. din 19—20 August 1953, pentru asigurarea agriculturii cu tractoare și mașini.

Studiul statistic al cărbunilor. Este o lucrare de amploare care pune la dispoziția Departamentelor și Instituțiilor datele chimico-tehnice ale cărbunilor din țară și interpretarea lor privind însușirile cărbunilor noștri și modul cum ei pot fi utilizați termoenergetic și chimico-tehnologic, tot așa cum o altă problemă din sectorul tehnologiei combustibililor solizi și anume *gazeificarea cărbunilor din țară* — prin datele furnizare Institutelor de proiectare interesate — ajută la realizarea gazogenelor respective.

In fața Institutului, stau în viitor sarcini de covârșitoare importanță. Știința energeticei este menită să contribue la mărirea producției, la mecanizarea și ușurarea muncilor grele, la creșterea rapidă a productivității muncii, având ca urmare reducerea prețului de cost, la crearea bazei tehnice necesare ridicării nivelului cultural și material al poporului.

In îndeplinirea acestor mărețe scopuri, îi revine Institutului de Energetică sarcina de a urmări în viitor cu și mai mare stăruință problemele pe care le pune economia țării și care sunt : utilizarea rațională a izvoarelor de energie, producția utilajului electric, exploatarea instalațiilor de producere, transformare, transport și utilizare a energiei, sub diversele ei forme, toate probleme arzătoare, a cărei rezolvare cere temeinice studii și cercetări științifice.

Urmărind continuu întărirea legăturii cu producția, intensificând munca de creștere a cadrelor tinere, mărind exigența în cercetarea cât mai adâncă a problemelor ce i se pun, Institutul de Energetică este menit a deveni o verigă importantă în desvoltarea tehnică și științifică a țării noastre.

IMBINAREA ORGANICĂ A ENERGETICII INDUSTRIALE CU ENERGETICA LOCALĂ ŞI REGIONALĂ

Conf. Ing. I. D. STĂNCESCU

Plecând dela imperativul măririi randamentului global al valorificării combustibililor prin folosirea lor complexă în scopuri tehnologice, energetice şi ca materii prime, se insistă asupra necesităţii îmbinării energeticei întreprinderilor cu energetica locală, a regiunii sau cu energetica generală. Se examinează principial legăturile posibile şi se conchide asupra importanţei realizării acestor îmbinări în numeroasele cazuri concrete ce apar în cadrul planurilor de industrializare şi de electrificare a R. P. R.

Este bine cunoscut că îndată ce un sistem economic, trecând de fazele sale primare, se angajează pe calea unei desvoltări raţionale, necesităţile sale de energie cresc într'un ritm foarte rapid. Pe de o parte, apare o desvoltare masivă a consumului de energie în industrie, datorit înlocuirii muncii manuale prin maşini, gradului de mecanizare a proceselor industriale mereu în creştere şi introducerii unei tehnici superioare, care nu se rezumă numai la progrese în mecanizarea şi automatizarea proceselor de producţie, ci care aplică şi procese tehnologice cu totul noi şi care împinge hotărît spre concentrarea producţiei în unităţi din ce în ce mai mari cu randamente superioare şi indici tehnico-economici mai favorabili. Din cauza acestei desvoltări apare atât o creştere a consumului total de energie, cât şi importante schimbări structurale ale consumului în urma schimbării ponderei diferitelor forme de energie, cerute fiind din ce în ce mai mult acele forme care pot satisface condiţiile calitative mereu mai exigente.

Pe de altă parte, formelor superioare de organizare a muncii le corespund necesităţi crescânde de energie pentru ameliorarea condiţiilor de trai, ceeace are ca urmare un spor considerabil de consum de energie în centrele populate prin desvoltarea consumului aşezămintelor socialeculturale, al gospodăriei orăşeneşti şi a consumului casnic.

Totodată cresc nevoile de energie ale transporturilor şi ale agriculturii.

Consumul industrial de energie constitue încă în balanţa energetică globală a unui sistem economic de departe postul cel mai important şi prezintă în acelaşi timp prin natura sa condiţii mai favorabile în ceeace priveşte concentrarea şi durata de utilizare. Datorită ponderii acestui consum, ameliorările în energetica întreprinderilor industriale au repercursiuni importante asupra întregii balanţe energetice ; totodată condiţiile de consum ale industriei favorizează măsuri de raţionalizare corespunzătoare. Deaceea, s'au născut şi s'au desvoltat, îndeosebi în tehnica sovietică, preocupări susţinute pentru ameliorarea randamentului energetic al întreprinderilor industriale [1], care s'au concentrat în acţiunea iniţiată în U.R.S.S. sub denumirea de *combinarea energo-tehnologică* a proceselor de producţie [2].

Ameliorarea randamentului energetic urmărită de această acţiune se realizează printr'o mai bună valorificare a combustibilului, întrucât el se foloseşte complex, prin îmbinarea sau combinarea unor procese tehnologice şi energetice rezultând un randament comun superior randamentelor proprii ale proceselor izolate. Totodată se caută a se valorifica pe cât posibil disponibilităţile de combustibil atât pentru scopuri tehnologice şi energetice cât şi ca materii prime.

Aplicarea acestor principii duce la trei forme de bază ale combinării energo-tehnologice în întreprinderile industriale [2].

a) *Valorificarea resurselor energetice secundare*, prin îmbinarea sau împletirea proceselor tehnologice şi a celor energetice în aşa fel încât cea mai mare parte din resursele energetice ce rezultă ca deşeuri sau produse secundare să capete o folosinţă în alt proces conjugat.

b) Folosirea combustibililor pentru producerea combinată de energie mecanică sau electrică şi de căldură, adică realizarea *termoficării*.

c) *Folosirea energo-chimică a combustibililor*, adică valorificarea în comun a combustibililor pentru scopuri energetice şi ca materii prime, prin extragerea din combustibil înainte de a fi ars în cazane sau cuptoare a tuturor materiilor prime interesante pentru industria chimică.

Concomitent cu această acţiune de ameliorare a randamentului valorificării combustibilului în industrie, economia generală cere preocupări similare şi pentru ameliorarea randamentului în celelalte ramuri energetice : energetica oraşelor, a transporturilor, a agriculturii, etc. In general însă aceste preocupări se desfăşoară încă în limitele tehnicei sectorului energetic respectiv, fără să se fi cristalizat o acţiune unitară şi

organizată pentru crearea de legături complexe între diferite ramuri energetice, pentru realizarea unor îmbinări sau combinări pe planul mai larg al energeticei regionale sau chiar generale.

Considerăm util a examina sumar în cele ce urmează posibilitățile extinderii combinării energo-tehnologice care poate aduce ameliorări atât de importante ale randamentului energetic și industrial într'o întreprindere sau un combinat, la sfera mai largă oferită de o justă încadrare a energeticei industriale în energetica locală sau regională. In acest fel se poate ajunge atât la soluții interesante din punct de vedere tehnico-economic, cât și la remarcabile economii pe planul mai larg al gospodăriei energetice regionale sau naționale.

Posibilitățile de realizare depind în această privință hotărîtor de structura economiei respective.

In economia capitalistă, relațiile dintre energetica industrială și energetica generală sunt datorite jocului întâmplător al intereselor întreprinderilor industriale și marilor concerne producătoare și distribuitoare de energie; în economia socialistă, aceste relații corespund preocupării continue de a rezolva orice probleme energetice numai prin prizma interesului economic general, adică în linia desvoltării energeticii socialiste.

Astfel, în economia capitalistă, soluția alimentării cu energie electrică sau termică a unei întreprinderi este căutată numai pe linia prețului celui mai ieftin de cost, iar instalații proprii energetice apar ori de câte ori pot produce energie în condiții mai avantajoase de preț decât ar fi costat alimentarea din rețeaua generală, electrică sau termică. In rezolvarea acestor probleme sunt nesocotite deseori din această cauză elementare principii de justă politică energetică și nu este de mirare cum de exemplu în țara noastră, unde se dispunea de combustibil superior ieftin — păcură și gaze naturale, — majoritatea întreprinderilor industriale și-au rezolvat în trecut problema alimentării cu energie prin instalații proprii. Au apărut astfel un mare număr de instalații mici și neeconomice pe ansamblu, dar care în cadrul limitat al intereselor întreprinderilor respective reprezentau totuși soluțiile minimului de cost. In unele rari cazuri s'au aplicat chiar soluții tehnice interesante ca de exemplu în cuplarea producerii energiei electrice și a căldurii în cadrul unor mici instalații industriale de termoficare; aceste soluții însă, deși tehnic corecte, nu sunt potrivite din punct de vedere al economiei generale, din cauză că au rezultat numai din jocul restrâns al intereselor întreprinderii sau în condițiile unui regim limitat de funcționare.

In economia socialistă, legăturile dintre energetica industrială și energetica generală se bazează pe principiul folosirii celei mai economice a resurselor naționale energetice în general și a unei bune gospodăriri a combustibilului și căldurii în special.

Din aplicarea acestui principiu reese de exemplu, că nicio industrie nu-și va construi instalații proprii pentru a-și produce energie electrică pe cale termică, dacă randamentul global al folosirii combustibilului în acest scop este inferior randamentului cu care energia electrică este produsă în marile centrale electrice care alimentează rețeaua generală și dacă racordarea întreprinderii la această rețea este posibilă și oportună din punct de vedere tehnico-economic.

Randamentul mediu cu care este produsă energia electrică debitată în rețeaua generală este deobicei un randament ridicat; lăsând la o parte influența energiei hidraulice care reprezintă un aport de energie fără consum de combustibil, chiar numai randamentul centralelor termoelectrice rămâne superior datorită ponderii din ce în ce mai mare a centralelor cu parametri înalți ai aburului și puternice unități energetice sau efectului centralelor de termoficare. Ca atare, producerea de energie electrică în instalații proprii ale întreprinderilor industriale nu poate atinge sau depăși acest randament decât în condițiile unei înaintate îmbinări energo-tehnologice, adică, după cum am văzut, prin: valorificarea unor resurse energetice secundare care altfel s'ar pierde, prin aplicarea termoficării sau prin folosirea energo-chimică a combustibilului.

Totuși, și în toate aceste cazuri, trebue examinat cu multă grijă dacă aceste procese care ridică randamentul termic global urmează a fi desfășurate în cadrul strict al întreprinderii sau dacă pot fi legate cu energetica locală sau a regiunii. Cu alte cuvinte, dacă în loc de a le desfășura pe scara mai mult sau mai puțin redusă a unei întreprinderi, ceeace implică producerea energiei în unități relativ mici, nu se poate concentra producția de energie în mari unități energetice care prezintă cheltueli de investiție și de exploatare mai mici și care permit ridicarea randamentului termic global cu încă câteva procente [3].

Pentru a putea decide asupra liniei generale de urmat, trebue studiat atât natura cât și aspectul calitativ și cantitativ al legăturilor energetice posibile.

Legătura electrică între energetica industrială și cea locală, a regiunii sau cea generală este posibilă a fi realizată din punct de vedere tehnic în orice condiții, rare fiind cazurile în care considerente economice se vor opune realizării sale, ca de exemplu distanțe foarte mari până la rețeaua generală și puteri foarte reduse în joc.

Celelalte legături între energetica industrială și cea regională au posibilități mult mai reduse de realizare. In funcție de natura acestor legături, de proprietățile agentului energetic purtător și de potențialul energetic respectiv apar nu numai limite economice de schimb sau de transport, ci și distanțe maxime în realizările practice posibile. Astfel:

Valorificarea resurselor energetice secundare nu permite în general realizarea de legături cu

energetica locală sau a regiunii pe cale directă, întrucât natura acestor resurse cere, de cele mai multe ori, folosirea lor în apropierea imediată a locului în care apar.

Este cazul folosirii căldurii sensibile a produselor calde și a deșeurilor de producție — gaze calde din cuptoare și cazane, aer cald, etc., — a conținutului de căldură al aburului destins în instalații acționate cu abur — ciocane cu abur, prese, etc. — a căldurii chimice de formațiune a produselor calde secundare și a deșeurilor de producție la procese energo-chimice sau energiei mecanice obținută ca produs secundar în procese tehnologice, de exemplu la încercarea motoarelor pe bancuri de probă, etc.

Sunt însă și resurse energetice secundare care permit legătura directă cu energetica locală sau a regiunii atunci când nu se pune problema folosirii unei călduri sensibile sau a unei călduri chimice de formațiune, ci a valorificării acestor resurse ca produse combustibile. Este cazul gazelor de furnal, de cocs și altor gaze combustibile ca și al deșeurilor combustibile rezultate la prelucrarea lemnului și dela alte procese de producție.

Termoficarea prezintă posibilități diferite de legătură între energetica industrială și cea generală. Termoficarea la *înaltă temperatură* cere, din cauza temperaturii înalte a agentului termic purtător, cel puțin în stadiul actual al tehnicii, legături cât mai scurte între instalația energetică și instalația industrială consumatoare de căldură.

Termoficarea la *joasă temperatură* are raze de acțiune diferite în funcție de agentul purtător de căldură. In cazul aburului, distanța de transport este limitată la 1—2, excepțional 7—8 km în timp ce apa fierbinte este folosită până la circa 10 km, fiind propuse și scheme de transport până la 20—30 și chiar 150 km, fără însă ca ultimele să se fi realizat încă practic.

Folosirea energo-chimică a combustibilului permite în general bune legături între energetica industrială și cea locală sau a regiunii, întrucât unul din obiectivele principale ale acestei forme superioare de folosire a combustibililor este ca, înafara obținerii produselor chimice interesante și a folosirii resturilor solide ale combustibililor mai ales pentru arderea în cazane de abur, să se valorifice gazele combustibile rezultate din procesul chimic de transformare nu numai pentru scopurile industriei respective, ci și ca element de bază în alimentarea locală și regională cu gaze.

Din cele de mai sus rezultă că, în general, din cauza condițiilor specifice apariției lor, valorificarea resurselor energetice secundare trebue făcută în apropierea instalațiilor industriale corespunzătoare. In măsura în care ele urmează a fi valorificate prin producere de energie electrică, numai de energie termică sau chiar prin termoficare, aceasta se va face în instalații energetice la industria respectivă ; cuplarea între energetica industrială și cea regională apare în acest caz pe cale electrică sau prin instalații de transport de căldură. Resursele energetice secundare sub formă de gaze sau alte deșeuri combustibile vor fi valorificate diferențiat după potențialul și calitățile lor. Prisosul de gaze de furnal care nu mai este folosit în procesul tehnologic va fi utilizat la producerea de energie electrică sau termică în centrale proprii separate sau de termoficare, întrucât aceste gaze nu suportă din punct de vedere economic transportul la mare distanță din cauza puterii lor calorifice reduse ; gazele de cocs și alte gaze, deasemeni cu putere calorifică mare, nu ar trebui arse în scopul producerii de energie urmând a fi folosite la alimentarea locală și regională cu gaze.

Termoficarea, și în condițiile actuale ale tehnicii în special termoficarea la joasă temperatură, prezintă forma cea mai interesantă de legătură între energetica industrială și cea locală sau regională, deoarece înafara legăturilor electrice pot apare în acest caz concomitent și legături termice directe. Dată fiind însă distanța de transport relativ redusă a agenților termici respectivi, trebue căutat a se obține un consum mare de căldură prin concentrarea înlăuntrul razei de acțiune a unei puternice centrale de termoficare a cât mai multe industrii mari consumatoare de căldură, a așezămintelor lor muncitorești și pe cât posibil și a altor cartiere urbane. Prin alimentarea lor centralizată cu căldura și energie electrică se realizează una din formule cele mai avansate ale legăturii energetice industriale cu energetica locală sau regională, indiferent dacă centrala de termoficare respectivă este amplasată la întreprinderea industrială cu ponderea cea mai mare de consum de căldură sau este considerată ca centrală electrică regională de termoficare. Intr'adevăr, prin alimentarea centralizată cu energie electrică și căldură a unui grup mare de industrii și eventual de consumatori pentru încălzit, se poate produce aburul necesar în cazane mari de randament superior și destinde apoi în mari turbine de termoficare, în timp ce în cazul termoficării unei singure întreprinderi unitățile sunt în general mai mici și cu randamente corespunzător inferioare [3].

In cazul folosirii energo-chimice a combustibilului, am văzut că legătura energeticei industriale cu cea regională apare în mod fortuit, gazele combustibile rezultate formând sau baza unei alimentări locale sau regionale cu gaze acolo unde nu există distribuție de gaze sau aducând un prețios aport ca resursă locală în cazul existenței unei astfel de distribuții.

O justă politică energetică impune prin urmare pe lângă legătura electrică a energeticei industriale cu cea locală sau a regiunii și realizarea pe cât posibil a altor legături energetice, ceeace pe calea termoficării și a alimentării cu gaze combustibile se poate face relativ ușor, în măsura în care distanțele de transport rămân în limite tehnice posibile sau interesante din punct de vedere economic.

Concluzii. Avantajele îmbinării organice a tehnologiei proceselor industriale cu energetica întreprinderii trebue extinse printr'o justă încadrare a energeticei industriale în energetica locală, regională şi chiar în energetica generală. Aceasta are ca rezultat ameliorarea randamentului energetic şi industrial şi conduce la mari economii pe planul larg al energeticei naţionale, atât în ceeace priveşte consumul global de combustibil cât şi din punct de vedere al cheltuelilor de investiţii şi exploatare al instalaţiilor energetice.

Această extindere a îmbinării dintre tehnologia şi energetica industrială în cadrul mai larg al energeticei locale, regionale sau naţionale, reprezintă calea de urmat pentru a se atinge faza superioară a energeticei socialiste, în care gospodărirea tuturor resurselor energetice atinge randamentul global maxim şi contribue hotărîtor la ridicarea randamentului întregii economii naţionale, atât direct cât şi indirect prin ameliorarea randamentului industrial.

In acest spirit trebue studiate şi rezolvate multiplele probleme de acest gen ce apar acum şi în ţara noastră în cadrul planurilor de industrializare şi de electrificare a R.P.R.

Bibliografie

(1) *Vinter A. V.*: Energetica sovietică, Editura Academiei R.P.R., 1950.

(2) *Veit V. I.*: Combinarea energotehnologică şi randamentul energetic al întreprinderilor industriale, Buletinul Academiei de Ştiinţe U.R.S.S., Nr. 8 1949.

(3) *Stăncescu I. D.*: Termoficarea: Principii — domenii de aplicare — importanţa energetică şi economică, Energetica, Nr. 1—2 1953.

★

ОРГАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С МЕСТНОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ

Резюме

Исходя из требования увеличения общего к. п. д. освоения топлив комплексным их использованием в технологических и энергетических целях и как сырье, настаивается на необходимости сопряжения энергетики предприятий с местной, районной или общей энергетикой. Принципиально рассматриваются возможные связи и даются заключения о значении осуществления этого сочетания в многочисленных конкретных случаях появляющихся в планах индустриализации и электрификации Р. Н. Р.

ALEGEREA VARIANTEI OPTIME DE RECUPERARE A PIERDERILOR DE CĂLDURĂ IN INDUSTRIE

Conf. ing. IGNAT I. SAPHIER

După ce se arată diferența dintre recuperarea tehnologică și recuperarea energetică a pierderilor de căldură din industrie, se analizează pe rând economiile ce se realizează în aceste două cazuri. Se dă o metodă de evaluare a eficacității diferitelor variante de recuperare a pierderilor de căldură și se arată criteriile care trebue să stea la baza alegerii variantei optime de recuperare.

Utilizarea resurselor energetice secundare din industrie și în cadrul acestora recuperarea pierderilor de căldură, a căpătat în Uniunea Sovietică o desvoltare deosebită atât în ceeace privește cercetarea științifică cât și în introducerea în practică, obținându-se importante economii. Odată cu desvoltarea industriei noastre socialiste, problema recuperării pierderilor de căldură devine din ce în ce mai actuală, iar bogata experiență a Uniunii Sovietice ne este de un prețios ajutor. O serie de institute de cercetări și proectare se preocupă în prezent într'o oarecare măsură de această problemă. Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. studiază această problemă atât din punctul de vedere științific general cât și prin unele lucrări concrete de cercetare executate la câteva mari întreprinderi din țară.

Având în vedere efectul economic important ce-l aduce cu sine realizarea recuperărilor pierderilor de căldură din industrie, preocuparea în această direcție trebue să cuprindă un cerc cât mai larg de tehnicieni și ingineri ajungând, după exemplul Uniunii Sovietice, să devină o mișcare de masă.

*

Pierderile de căldură ce pot fi supuse recuperării au un regim dictat de procesul tehnologic ce are loc în agregatul respectiv. Deasemenea temperatura la care este furnizată această căldură este dictată tot de agregatul și procesul tehnologic respectiv. In consecință atât valoarea medie cât și variația în timp a debitului și temperaturii căldurii ce se poate recupera nu sunt arbitrare ci sunt dictate de agregatul și procesul tehnologic generator al căldurii recuperate.

Pe de altă parte, eventualul consumator al căldurii recuperate cere căldură la o anumită temperatură și cu un anumit regim al debitului. Din această cauză pot exista cazuri de nepotriviri chiar substanțiale, în ceeace privește regimul și temperatura pierderilor de căldură ce se recuperează față de regimul și temperatura necesare consumatorului acestei călduri recuperate. Pentru a putea folosi recuperarea pierderilor de căldură, trebue să existe în primul rând posibilitatea de a satisface pe consumator în condițiile date de agregatul dela care se efectuează recuperarea.

Recuperarea pierderilor de căldură se poate face pentru două scopuri distincte, după locul unde este folosită căldura recuperată. Astfel se distinge :

a) Recuperarea tehnologică sau direcția tehnologică de utilizare a pierderilor de căldură, ori de câte ori căldura recuperată este întoarsă în agregatul tehnologic dela care provine.

b) Recuperarea energetică sau direcția energetică de utilizare a pierderilor de căldură, ori de câte ori căldura recuperată este folosită în vederea producerii de abur sau apă caldă care va ceda căldura unui agregat altul decât cel dela care provine.

Recuperarea tehnologică se pretează întotdeauna la folosirea — cel puțin parțială — a pierderilor de căldură, datorită faptului că utilizarea se face în cadrul și pentru agregatul respectiv, ceeace are ca urmare un paralelism perfect între regimul sursei și cel al consumatorului. In recuperarea energetică, în general nu se poate obține acest paralelism.

Folosirea de acumulatori de căldură sau reunirea de mai multe agregate tehnologice pentru a putea coordona în timp debitele de căldură recuperată cu debitele cerute de consumator, sau introducerea în circuit a unor transformatori de căldură în vederea ridicării temperaturii la nivelul temperaturii cerute de consumator, nu dau întotdeauna rezultatele dorite.

La recuperarea tehnologică economia de combustibil se realizează chiar la agregatul dela care provin pierderile de căldură recuperată. La recuperarea energetică, economia de combustibil se realizează în cadrul agregatului energetic care ar fi produs aburul sau apa caldă obținute prin recuperare. In consecință la recuperarea tehnologică se economisește combustibilul tehnologic (în general combustibil cu anumite calități impuse) pe când la recuperarea energetică se economisește combustibil energetic (în general combustibil inferior) în contul unui consum de combustibil tehnologic.

La recuperarea tehnologică, deservirea instalației de recuperare se face de regulă de către personalul de deservire al agregatului tehnologic respectiv, deci cu cheltueli minime de deservire pe când la recuperarea energetică este în general necesar un personal specializat în deservirea instalațiilor energetice, deci cheltuială suplimentară de deservire.

Din cele de mai sus rezultă că ori de câte ori se pune problema recuperării unor pierderi de căldură, această recuperare trebue să se facă în primul rând în cadrul agregatului

respectiv, recuperare tehnologică. Procesul tehnologic ce are loc în cadrul unui agregat tehnologic, limitează însă cantitatea de căldură ce poate fi practic întoarsă în agregat. Cum în majoritatea cazurilor totalul pierderilor de căldură recuperabile reprezintă o cantitate de căldură mai mare decât acea ce poate fi întoarsă în agregat în cadrul limitelor economice admisibile, pentru o cât mai eficace recuperare a pierderilor de căldură apare necesitatea ca acea cantitate de căldură ce nu mai poate fi folosită printr'o recuperare tehnologică să fie folosită în afara agregatului printr'o recuperare energetică. In consecință cu toate avantagiile pe care le prezintă recuperarea tehnologică, aceasta nu poate înlătura recuperarea energetică. Practic aceste două feluri de recuperări trebuesc armonios îmbinate, căci în marea majoritate a cazurilor este posibilă — și pentru o cât mai totală recuperare a pierderilor de căldură, chiar necesară — folosirea simultană a recuperării tehnologice și energetice.

*

La recuperarea tehnologică economia de combustibil tehnologic poate fi mai mare, egală sau mai mică decât echivalentul în combustibil al cantității de căldură cedată instalației de recuperare.

Notând cu :

ΔB_t — cantitatea de combustibil tehnologic economisit ;

ΔQ_r — cantitatea pierderilor de căldură primite în instalația de recuperare ;

η_a — randamentul arderii ;

η_r — randamentul instalației de recuperare,

se poate scrie pentru cantitatea de căldură care în cazul recuperării nu mai trebue să fie acoperită prin consum de combustibil :

$$P_c \ \Delta B_t \ \eta_a = \Delta Q_r \ \eta_r = \Delta Q$$

unde :

P_c este puterea calorică a combustibilului utilizat ;

ΔQ — cantitatea de căldură efectiv întoarsă în agregat.

Dacă se ține seama că $\frac{\Delta Q_r}{P_c} = \Delta B_r$ echivalentul în combustibil al cantității de căldură cedată instalației de recuperare, se obține :

$$\Delta B_t = \frac{\eta_r}{\eta_a} \Delta B_r$$

După cum raportul dintre randamentul instalației de recuperare și randamentul arderii va fi mai mare, egal sau mai mic decât unu, cantitatea de combustibil economisit va fi mai mare, egală sau mai mică decât echivalentul în combustibil al cantității de căldură primită în instalația de recuperare.

Insemnând cu I costul investițiilor în instalația de recuperare, cu a cota de amortizare a acestei instalații și cu b costul unitar al combustibilului și considerând că în cazul recuperării tehnologice instalația de recuperare este deservită de personalul agregatului respectiv, economia anuală în cheltuelile de exploatare este :

$$\Delta E = b \Delta B_t - (a \ I + x) \text{ lei/an}$$

unde s'a însemnat cu x costul anual al consumului suplimentar de energie de diverse forme ca de pildă consumul de energie electrică necesar instalației de tiraj, etc.

Recuperarea tehnologică este economic admisibilă numai în limita în care $\Delta E > 0$ și raportul $\frac{I}{\Delta E}$ (timpul de amortizare) este suficient de scurt, Se poate ușor demonstra că atunci când crește raportul dintre căldura cedată instalației de recuperare și totalul pierderilor de căldură recuperabile, costul investițiilor crește mai rapid decât crește economia de cheltueli cu combustibilul ($b \ \Delta \ B_t$) și deci din punct de vedere economic nu se poate recupera în cadrul recuperării tehnologice toată pierderea de căldură recuperabilă. Pentru o recuperare mai completă, restul pierderilor de căldură va trebui să servească la o recuperare energetică.

*

După cum s'a arătat mai înainte, recuperarea energetică are loc atunci când căldura recuperată este folosită în vederea producerii de abur sau apă caldă destinat a fi consumat într'un alt agregat, care în lipsa instalației de recuperare ar fi trebuit să primească agentul termic (abur sau apă caldă) dela o instalație, numită instalație energetică primară, unde s'ar fi consumat o anumită cantitate de combustibil. Economia de combustibil se realizează deci în acest caz nu în cadrul agregatului generator al pierderilor de căldură ci în cadrul instalației energetice primare. Din această cauză atunci când se analizează o recuperare energetică trebue să se cunoască instalația energetică primară care este înlocuită sau este dată disponibilă. Deasemenea economia anuală de cheltueli de exploatare (ΔE) rezultă din diferența dintre economia ce se realizează în cheltuelile anuale de exploatare aferente instalației sau părții de instalație energetică primară ce se înlocuește sau devine disponibilă (E_p) și cheltuelile anuale de exploatare a instalației de recuperare (E_r)

$$\Delta E = E_p - E_r$$

Această diferență trebue să fie pozitivă.

Economia de cheltueli anuale de exploatare ce se realizează în instalația primară, respectiv cheltuelile anuale de exploatare a instalației de recuperare sunt :

$$E_p = b_p \Delta B_p + a_p \ \Delta I_p + \Delta S_p + \Delta X_p$$

$$E_r = a_r \ I_r + S_r + X_r$$

unde :

b_p este costul unitar al combustibilului folosit la instalația primară ;

ΔB_p — cantitatea anuală de combustibil conomisit de instalația primară;

a_p resp. a_r — cota de amortizare a instalației primare respectiv a instalației de recuperare;

ΔI_p — cheltuelile de investiții aferente părții din instalație primară ce se înlocuește sau devine disponibilă;

I_r — cheltueli de investiții necesare realizării instalației de recuperare;

ΔS_p — cheltuelile cu plata muncii personalului; cota aferentă din instalația primară;

S_r — cheltuelile cu plata muncii personalului instalații de recuperare;

ΔX_p — cheltuelile anuale diverse ca regie, consum propriu de energie, etc., referitoare la cota aferentă a instalației primare;

X_r — cheltuelile anuale diverse referitoare la instalația de recuperare.

Introducând cheltuelile (notate mai jos cu litere mici) referitoare la unitatea de putere (resp. debit) a instalațiilor respective, și notând cu ΔP_p partea de putere a instalației primare ce se înlocuește sau devine disponibilă și cu P_r puterea instalată a instalației de recuperare, economia anuală de cheltuleli de exploatare devine :

$$\Delta E = b_p \Delta B_p + (a_p i_p + s_p + x_p) \Delta P_p - (a_r i_r + s_r + x_r) P_r$$

Puterea instalată a instalației de recuperare nu este egală cu partea de putere a instalației primare. Atunci când energia (căldură, energia electrică sau mecanică) este furnizată de către o instalație energetică primară consumul de combustibil este dictat de cerințele consumatorilor de energie. In cazul însă în care energia este furnizată dela o instalație de recuperare, consumul de căldură recuperată este limitat la disponibilul din pierderile de căldură. Dacă într'un anumit interval de timp cerințele consumatorilor de energie sunt mai mari decât energia ce poate fi produsă prin recuperarea pierderilor de căldură disponibile în acel interval de timp, atunci diferența de energie necesară consumatorilor va trebui furnizată dela o instalație energetică primară.

In consecință partea de putere instalată (ΔP_p) din instalația primară ce se înlocuește sau devine disponibilă este egală cu puterea ce o debitează instalația de recuperare la debitul minim al pierderilor de căldură recuperate (P_{min}). Pe de altă parte, puterea instalată a instalației de recuperare (P_c) se alege în funcție de puterea necesară consumatorilor, de regimul debitului căldurii recuperate și de un număr acceptabil de ore de utilizare a puterii instalate. In felul acesta între aceste trei puteri există relația :

$$\Delta P_p = P_{min} = \mu P_r$$

unde

$$\mu = \frac{P_{min}}{P_r} \leqslant 1.$$

Se vede deci că în general se va înlocui sau da disponibilă o putere instalată în instalația primară mai mică decât puterea instalată în instalația de recuperare. Coeficientul μ depinde de regimului debitului pierderilor de căldură — deci de agregatul și procesul tehnologic respectiv — și se va apropia cu atât mai mult de unu cu cât pierderile de căldură recuperate vor fi mai constante în timp.

Introducând coeficientul μ și considerând egale cotele de amortizare, expresia pentru economia anuală de cheltueli de exploatare devine :

$$\Delta E = b_p \Delta B_p + P_r [a(\mu i_p - i_r) + (\mu s_p - s_r) + (\mu x_p - x_r)].$$

Paranteza mare din expresia de mai sus ia valori negative deoarece :

$i_p \leqslant i_r$; instalația primară ce se înlocuește sau devine disponibilă fiind în general o parte dintr'o instalație mare, deci o instalație cu parametri ridicați și cu grupuri de mare putere. Diferența $\mu i_p - i_r$ poate în cel mai bun caz fi egală cu zero numai dacă $\mu = 1$ și $i_p = i_r$

$s_p \leqslant s_r$; productivitatea muncii personalului de deservire a instalației primare (instalație de mare putere) este în general mai mare decât la instalația de recuperare. Diferența $\mu s_p - s_r$ poate în cel mai bun caz fi egală cu zero numai dacă $\mu = 1$ și $r_p = s_r$

diferența $\mu x_p - x_r$ este în general negativă.

In consecință pentru ca economia anuală de cheltueli de exploatare să fie pozitivă, trebue ca economia de cheltueli realizată în instalația primară ca urmare a economiei de combustibil să depășească restul cheltuelilor suplimentare datorite investițiilor, salariilor, etc. De aci rezultă rolul hotărîtor ce-l are economia de combustibil ce se poate realiza în instalația primară ca urmare a recuperării energetice a unor pierderi de căldură. Bine înțeles că și prețul unitar al combustibilului utilizat în instalația primară va influența într'o oarecare măsură rezultatul obținut.

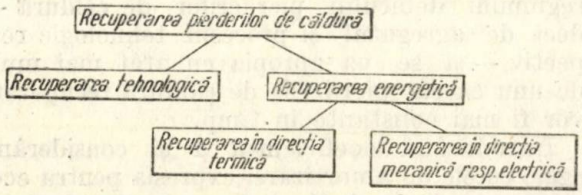
* * *

Recuperarea energetică se poate face la rândul ei în două scopuri distincte :

a) In scopul de a obține abur sau apă caldă ce este destinat pentru alimentare cu căldură a unor agregate tehnologice (uscătorii, fierbătoare, etc.) sau pentru încălzitul încăperilor în timpul iernei. Recuperarea energetică făcută în acest scop se numește recuperare în direcție termică.

b) In scopul de a produce abur cu ajutorul căruia să se obțină energie mecanică, respectiv electrică. Recuperarea energetică făcută în acest scop se neumește recuperare în direcție mecanică respectiv electrică.

Pentru o mai bună înțelegere a diferitelor forme de recuperări de pierderi de căldură se dă schema de mai jos :



Recuperarea în direcția termică este aproape întotdeauna posibilă ținând seama că oriunde se poate economisi combustibilul pentru încălzitul încăperilor, cu atât mai mult cu cât în acest caz căldura este necesitată la o temperatură relativ scăzută (70°...90°C) ceeace se poate ușor obține din pierderile de căldură disponibile chiar la temperaturi relativ mici. Singurul inconvenient în acest caz îl prezintă caracterul sezonier al consumatorului.

Economia de combustibil ce se realizează în instalația primară este în funcție de aceasta din urmă. In general pot interveni două cazuri :

a) instalația primară este o instalație de cazane ;

b) instalația primară este o centrală de termoficare.

Notând cu :

q_e — cantitatea medie orară de pierderi de căldură disponibile a fi recuperate în direcția energetică ;

n_t — numărul de ore de utilizare a cantității medii orare de pierderi de căldură recuperate în direcția termică ;

η_t — randamentul total al instalației de recuperare în direcția termică ;

cantitatea de căldură util furnizată de instalația de recuperare este :

$$Q_{et} = q_e \, n_t \, \eta_t$$

Această cantitate de căldură nu mai trebue să fie furnizată de instalația primară.

In cazul în care instalația primară este o instalație de cazane funcționând cu un randament total η_{cpt}, economia de combustibil, exprimată în combustibil convențional, este :

$$\Delta B_{pt} = 0{,}143 \, \frac{Q_{et}}{\eta_{cpt}} \, 10^{-3}$$

sau

$$\Delta B_{pt} = 0{,}143 \, q_e \, n_t \, \frac{\eta_t}{\eta_{cpt}} \, 10^{-3}$$

In cazul în care instalația primară este o centrală de termoficare trebue să se țină seama că datorită reducerii încărcării termice a centralei de termoficare, presupunând că acesteia nu i se reduce cu nimic sarcina electrică, raportul dintre energia electrică produsă în ciclul de termoficare și cea produsă în ciclul de condensație va scădea. Ca urmare a acestui lucru, economici de combustibil datorită reducerii sarcinii termice i se suprapune supraconsunul de combustibil datorit trecerii unei anumite puteri electrice de pe ciclul de termoficare pe ciclul de condensație. In consecință în acest caz economia de combustibil nu este echivalentă cu reducerea sarcinii termice a centralei de termoficare și este redată de expresia :

$$\Delta B_{pt} = 0{,}143 \, \frac{Q_{et}}{\eta_{cpt}} \left[1 - \frac{i_1 - i_2}{i_2 - i_t} \, \frac{q_e - q_t}{860} \, \eta_{el} \right] 10^{-3}$$

unde :

i_1 și i_2 — sunt entalpiile inițiale și finale ale aburului în ciclul de termoficare ;

i_t — entalpia condensatului ciclului de termoficare (ieșirea din schimbătorul de căldură) ;

q_e resp. q_t — consumurile specifice parțiale de căldură pentru ciclul de condensație respectiv de termoficare ;

η_{el} — randamentul efectiv al grupului turbogenerator.

Expresia din paranteză se numește coeficient de prelevare și reprezintă economia de consum de căldură ce se obține la producerea unității de energie electrică cu ajutorul ciclului de termoficare în comparație cu ciclul de condensație *).

Insemnând coeficientul de prelevare cu :

$$(1 - \beta) = 1 - \frac{i_1 - i_2}{i_2 - i_t} \, \frac{q_e - q_t}{860} \, \eta_{el}$$

expresia de mai sus se poate scrie sub forma :

$$B_{pt} = 0{,}143 \, \frac{Q_{et}}{\eta_{cpt}} (1 - \beta) \, 10^{-3}$$

Valoarea coeficientului de prelevare variază între 0,35 și 0,75 pentru turbinele sovietice de termoficare, în funcție de parametri aburului la intrarea în turbină și la priză, precum și în funcție de puterea turbinei.

Comparând între ele expresiile pentru economia de combustibil ce se obține în cadrul instalației energetice primare în cele două cazuri în care instalația primară este odată o instalație de cazane iar altă dată o centrală de termoficare se vede că se poate scrie în general :

$$\Delta B_{pt} = 0{,}143 \, q_e \, n_t \, \frac{\eta_t}{\eta_{cpt}} \, (1 - \beta) 10^{-3}$$

unde $\beta = 0$ atunci când instalația primară este o instalație de cazane și $\beta < 1$ (pentru turbinele de termoficare sovietice $\beta = 0{,}25...0{,}65$) atunci când instalația primară este o centrală de termoficare. η_{cpt} reprezintă în ambele cazuri randamentul total al sălii cazanelor din instalația primară generatoare de căldură.

Recuperarea în direcția electrică a pierderilor de căldură este deasemenea aproape întotdeauna posibilă ținând seama că în urma lucrărilor efectuate în ultima vreme în Uniunea Sovietică se pot recupera economic în această

*) Această expresie pentru coeficientul de prelevare dă valoarea lui aproximativă deoarece nu ține seama de influența ciclului regenerativ și neglijează consumul de căldură necesar mersului în gol al turbinei. Valoarea exactă a coeficientului de prelevare este de obiceiu dată de uzina constructoare a turbinei. In lipsa acestor date se poate folosi în primă aproximație expresia de mai sus pentru calcularea coeficientului de prelevare.

direcție și pierderile de căldură cu potențial scăzut *).

La stabilirea economiei de combustibil ce se realizează trebue ținut seama de instalația energetică primară ce se înlocuește sau devine disponibilă. Aceasta poate fi :

a) o centrală electrică cu condensație pură ;

b) o centrală electrică de termoficare.

In ambele cazuri se consideră că diminuarea sarcinei electrice are loc în ciclul de condensație, deci din punctul de vedere al economiei de căldură amândouă cazurile sunt echivalente.

Notând cu :

n_e — numărul de ore de utilizare a cantității medii orare de pierderi de căldură recuperate în direcția electrică,

η_{ce} — randamentul total al cazanelor recuperatoare,

η_e — randamentul efectiv al grupurilor din instalația de recuperare ;

cantitatea de energie electrică (W_e) furnizată de instalația de recuperare este :

$$W_e = \frac{Q_{ee}}{860} = \frac{q_e}{860} n_e \eta_{ce} \eta_e$$

Această cantitate de energie electrică nu mai trebue să fie furnizată de instalația primară.

Insemnând cu :

η_{cpe} — randamentul total al sălii cazanelor din instalația primară ;

η_{pe} — randamentul efectiv al grupurilor din instalația primară ;

economia de combustibil, exprimată în combustibil convențional este :

$$\Delta B_{pe} = 0{,}143 \frac{860}{\eta_{cpe} \eta_{pe}} W_e \, 10^{-3}$$

$$= 0{,}143 \, q_e \, n_e \, \frac{\eta_{ce} \eta_e}{\eta_{cpe} \eta_{pe}} \, 10^{-3}$$

Cum la recuperarea energetică, în general pot fi folosite ambele direcții de utilizare, din punctul de vedere al economiei de combustibil varianta cea mai eficace este varianta care are ca efect economia mai mare de combustibil în instalația primară. Se ajunge astfel la noțiunea de efect energetic comparativ. Acesta este raportul dintre economia de combustibil ce se realizează în instalația primară ce se înlocuește sau devine disponibilă în cazul recuperării energetice a pierderilor de căldură în direcția electrică și economia de combustibil ce se realizează în instalația primară în cazul direcției termice de recuperare a pierderilor de căldură, pentru un același agregat dat.

Cu notațiile de mai sus, efectul energetic comparativ se poate scrie :

$$\xi = \frac{\Delta B_{pe}}{\Delta B_{pt}} = \frac{\eta_e}{\eta_t} \frac{\eta_{ce}}{\eta_t} \frac{\eta_{cpt}}{\eta_{cpe}} \frac{\eta_e}{\eta_{pe}} \frac{1}{(1-\beta)}$$

*) Vezi în această privință *G. I. Rosievschi*, Utilizarea industrială electroenergetică a resurselor energetice secundare cu potențial scăzut, după schema închisă, Izvestia Acad.. Nauc SSSR – O.T.N., Nr. 12/1948.

Randamentele totale ale cazanelor recuperatoare (η_{ce} și η_t) iau valori destul de apropiate între ele astfel încât raportul lor poate fi aproximat cu unitatea. In schimb randamentul total al cazanelor din instalația primară ce se înlocuește sau devine disponibilă în cazul recuperării în direcția termică este în general mai mic decât randamentul cazanelor din instalația primară în cazul recuperării în direcția electrică. In cazul în care recuperarea în direcția termică se face în contul unei centrale de termoficare cu debit și parametri inițiali ai aburului de același ordin de mărime ca debitele și parametri aburului din centrala electrică ce se înlocuește sau devine disponibilă în cazul recuperării în direcția electrică, aceste randamente pot fi considerate egale. Se poate scrie deci în general că :

$$\frac{\eta_{cpt}}{\eta_{cpe}} \leqslant 1.$$

Cazurile în care acest raport este supraunitar sunt rare și pot interveni numai atunci când recuperarea în direcția termică se face în contul unei centrale puternice de termoficare iar recuperarea în direcția electrică se face în contul unei centrale mici lucrând cu abur de parametri inițiali scăzuți.

Randamentul efectiv al grupurilor electrice generatoare crește odată cu creșterea parametrilor aburului inițial. In instalațiile de recuperare se poate obține în cel mai bun caz până la 30... 35 at, deci cu parametri egali sau mai scăzuți decât într'o centrală electrică consumând combustibil. Deasemenea puterea grupurilor din instalațiile de recuperare este de regulă mai mică decât cea a grupurilor din instalația primară. In consecință se poate scrie că :

$$\frac{\eta_e}{\eta_p} \leqslant 1$$

Rezultă din cele de mai sus că produsul :

$$\frac{\eta_{co}}{\eta_t} \cdot \frac{\eta_{cpt}}{\eta_{cpe}} \cdot \frac{\eta_e}{\eta_{pe}} \leqslant 1$$

In marea majoritate a cazurilor acest produs este subunitar și deci recuperarea în direcția electrică a pierderilor de căldură este mai eficace din punctul de vedere al economiei de combustibil numai dacă produsul :

$$\frac{n_e}{n_t} \cdot \frac{1}{1-\beta}$$

ia valori supraunitare suficient de mari încât efectul energetic comparativ (ξ) să fie supraunitar.

Din punctul de vedere al economiei de combustibil recuperarea în direcția termică a pierderilor de căldură din industrie nu poate fi eficace decât dacă în industria respectivă se găsesc suficiente puncte de consum tehnologic de căldură, situate în raza economică de acțiune a purtătorului de căldură respectiv astfel încât nu-

mărul de ore de utilizare a căldurii medii orare disponibil de recuperat să fie suficient de ridicat. Incălzitul încăperilor fiind un consum sezonier coboară numărul orelor de utilizare. Deasemenea dacă instalația primară în cazul recuperării în direcția termică este o centrală de termoficare, faptul că în acest caz $\beta \neq 0$ face ca direcția electrică a recuperării pierderilor de căldură să devină în general mai eficace din punctul de vedere al economiei de combustibil.

*

In concluzie, pentru ca recuperarea pierderilor de căldură să aibe efectul optim din punctul de vedere al întregii economii naționale — așa cum se cere în cadrul unei economii socialiste — atunci când se studiază asemenea recuperări trebue avute în vedere o serie de variante posibile și pe baza unei analize tehnice și economice să se stabilească varianta optimă.

Recuperarea tehnologică, prin avantajele ce le prezintă are întâietate față de recuperarea energetică. Numai partea din pierderile de căldură recuperabile ce nu poate fi folosită în limitele economice admisibile la o recuperare tehnologică, urmează a fi folosită în vederea unei recuperări energetice.

La alegerea direcției în care se face recuperarea energetică trebue avut în vedere — pentru diverse variante posibile — instalația energetică primară care se înlocuește sau devine disponibilă, numărul de ore de utilizare în direcția respectivă, cantitatea medie orară de pierderi de căldură disponibile a fi recuperate în direcția respectivă și puterea — respectiv debitul — instalată a instalației de recuperare și a instalației energetice primare.

La studierea variantei de recuperare în direcția termică, în afara factorilor de mai sus mai trebuește ținut seama de :

— distanța dela locul de captare a pierderilor de căldură la punctele de consum, determinându-se repartizarea în spațiu a consumatorilor de căldură ;

— condițiile economice ale transportului de căldură și alegerea agentului termic (apă caldă sau abur) ;

— regimul cererii de căldură a consumatorilor în raport cu regimul pierderilor de căldură recuperate ;

— temperatura la care este cerută căldura de către consumatori în raport cu temperatura la care este furnizată căldura de pierderile de căldură ;

— posibilitatea satisfacerii consumului de căldură prin termoficare.

Bibliografie

Semenenco N. A. : Resurse energetice secundare în industrie, (trad.), Editura Energetică de Stat, 1952.

Melentiev L. A. : Termoficarea Vol. II. Ed. Acad. de Științe U.R.S.S., 1948.

Melentiev L. A. : Bazele alegerii direcției de utilizare a resurselor energetice secundare ale întreprinderilor industriale, Promâșlennaia Energhetica, Nr. 31949.

Saphier I. I. : Recuperarea pierderilor de căldură din industrie. Ed. Acad. R.P.R. 1953.

★

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА РЕКУПЕРАЦИИ ПОТЕРЬ ТЕПЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

После указания разницы между технологической и энергетической рекуперацией потерь тепла в промышленности анализируются по очереди достигнутые экономии в этих двух случаях. Дается метод оценки различных вариантов рекуперации потерь тепла и указываются критерии которые должны стоять в основе выбора оптимального варианта рекуперации.

POSIBILITĂȚILE ACTUALE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A RANDAMENTELOR TERMICE DIN SIDERURGIE PRIN RECUPERAREA PIERDERILOR DE CĂLDURĂ

Conf. Ing. ACHIL SINESCU

In cadrul problemei ameliorării randamentului termic în siderurgie prin recuperarea pierderilor de căldură, autorul analizează posibilitățile de recuperare la furnale înalte, oțelării Martin, laminoare, cuptoare de încălzire și arată că prin recuperările posibile se poate majora randamentul termic cu 20 — 70%

FIXAREA RANDAMENTULUI TERMIC

Energetica găsește o aplicare din ce în ce mai intensă în metalurgie și în special în siderurgie. Lucrările energeticienilor sovietici ca Semenenco, Teiț și alții se axează pe energetica din siderurgia extractivă și prelucrătoare.

Explicația este simplă dacă ținem seamă de randamentele reduse ale proceselor pirotehnologice cu încălzire la temperaturi înalte, caracteristice siderurgiei, precum și de ponderea consumului de combustibil ale acestei ramuri industriale în economia națională. La cuptoarele Martin randamentul termic al procesului de fabricație nu trece de 20%, iar randamentul agregatului nu depășește 30%; la cuptoarele de încălzire randamentele variază între 15 și 45%, în vreme ce la cuptoarele de forje, ele se află deabia între 3—15%. Dacă din punct de vedere metalurgic și constructiv cuptoarele siderurgice au evoluat considerabil în decursul anilor, în schimb din punct de vedere energetic ele au rămas aproape neschimbate.

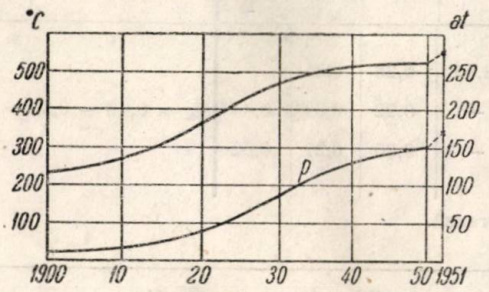


Fig. 1. Creșterea temperaturii și presiunii aburului la instalațiile de forță.

Situația este și mai evidentă dacă se face comparație cu desvoltarea celorlalte ramuri ale termoenergeticei; prin folosirea purtătorilor de energie cu parametri de potențial din ce în ce mai mare, curba randamentelor transformării energiei chimice a combustibilului sau a energiei termice tot în energie termică, dar cu alți parametri (fig. 1) sau în energie mecanică (fig. 2) arată o creștere exponențială, în vreme ce la agregatele termoenergetice siderurgice, evoluția este lentă, practic insensibilă. Indreptarea acestei situații înapoiate face ca energetica să capete un rol atât de important în siderurgie.

Aici se adaugă și faptul că o îmbunătățire tehnică modestă din punct de vedere calitativ, capătă o amploare economică deosebită, atunci când se are în vedere efectele cantitative ale energiei economisite. Astfel, de pildă, la o producție de 1 000 000 tone oțel laminat, reducerea consumului energetic numai cu 1% pe ansamblu, reprezintă o economie de peste 10 000 tone combustibil convențional.

Problema acută în siderurgie o formează așa dar îmbunătățirea randamentelor termice ale agregatelor pirotehnologice începând dela furnalele înalte și până la cuptoarele de recoacere. Soluțiile posibile în acest caz trebue însă altfel căutate decât în domeniul termoenergetic. La agregatele termoenergetice se tinde către randamente superioare, prin majorarea continuă a parametrilor purtătorilor de energie sau prin construire de agregate cât mai puternice. In siderurgie însă, în afară de ultima posibilitate de care se face uz în mod larg, metodele aplicate sunt de altă natură. Ele sunt determinate de caracterul pirotehnologic al agregatelor și variază în consecință după specificul fiecărui agregat în parte.

Aici se află în primul rând schimbările energotehnologice prin care se procedează la *transformarea* complectă sau parțială a procesului tehnologic, ceeace are ca urmare și o modificare a consumului de combustibil. De pildă, întrebuințarea aerului îmbogățit cu oxigen la furnale sau oțelării, obținerea tablelor groase direct din oțel turnat, încălzirea superficială a oțelului prin curenți de înaltă frecvență, constituie procedee tehnologice deosebite de cele în uz. Consecințele din punct de vedere energetic se concretizează în general prin micșorarea consumului

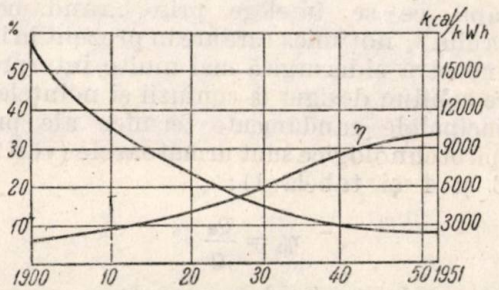


Fig. 2. Randamentul termic și consumul de căldură la instalațiile de forță cu abur.

specific de combustibil. Fac desigur excepție cazurile în care se obțin avantaje mult mai importante fie de natură metalurgică, fie tot de natură energetică dar prin folosirea unui combustibil sărac în locul celui bogat, etc.

O altă cale de majorare a randamentelor o formează *ameliorările constructive* ale agregatelor sau simple *măsuri tehnico-organizatorice*. Astfel, alegerea unor forme raționale a cărămizilor pentru grilajele dela caupere, adoptarea unor arzătoare corespunzătoare la cuptoarele de încălzire sau înlăturarea întreruperilor în folosirea acestor cuptoare, pot avea ca efect o creștere sensibilă a randamentelor.

Cea mai importantă dar și cea mai neglijată metodă de îmbunătățire a randamentului termic o formează însă recuperarea pierderilor de căldură. Aceste pierderi a căror valoare medie este arătată în tabela 1 sunt adeseori în exploatare și mai mari, din lipsă de aparataj de măsurare și control, ceeace contribue ca orice apreciere a valorii lor reale să devină aproape imposibilă.

In cele ce urmează ne vom ocupa de posibilitățile de îmbunătățire a randamentului termic numai prin folosirea resurselor energetice secundare. In acest scop, este nevoie a se lămuri în prealabil ce se înțelege prin „randamentul cuptorului", noțiunea care are în prezent în industria noastră siderurgică mai multe interpretări și care conduc desigur la confuzii și neînțelegeri.

Principalele randamente termice ale proceselor pirotehnologice sunt următoarele (vezi figurile 3 și 4 și tabela 1):

$$\eta_a = \frac{Q_u}{Q} \qquad (1)$$

randamentul termic al agregatului;

$$\eta_{pt} = \frac{Q_{sl}}{Q} = \frac{Q - Q_{ga}}{Q} \qquad (2)$$

randamentul termic al procesului tehnologic;

$$\eta_{sl} = \frac{Q_u}{Q_{sl}} \qquad (3)$$

randamentul termic al spațiului de lucru;

Aci însemnăm:

Q — căldura introdusă în cuptor;
Q_u — căldură utilă;
Q_{sl} — căldura introdusă și rămasă în spațiul de lucru $= Q - Q_{ga}$;
Q_{ga} — căldura neutilizată, evacuată prin gaze arse.

Elementele necesare pentru calcularea acestor randamente, le obținem din ecuația bilanțului termic:

$$Q = Q_{sl} + Q_{ga} = Q_u + Q_{ma} + Q_{ga} \qquad (4)$$

unde
$$Q = Q_{cc} + Q_{cs} \qquad (5)$$

iar
$$Q_{ma} = Q_{ar} + Q_{rad} \qquad (6)$$

Q_{cc} — căldura chimică a combustibilului;
Q_{cs} — căldura sensibilă a combustibilului sau a aerului de ardere provenită dintr'o sursă *exterioară* agregatului;
Q_{ma} — pierderea de căldură în mediul înconjurător, provenită din spațiul de lucru;
Q_{ar} — căldura pierdută prin apa de răcire;
Q_{rad} — căldura pierdută prin pereți, uși, etc.

Valori uzuale din bilanțul termic, la furnale înalte și cuptoare S. M.
(în 10^6 kcal/t) *Tabela 1*

	Q_{cc}	Qr *)	Q_{cx}	Q_{mi}	Q_{pt}	Q_{en}	Qr *)	Q_{gf} **)	Q_{ar}	Q_{rad}	Q_{ga}	Observații
Furnale înalte	6,47	0,61	0,1	–	0,63	2,47	–	3,51	0,28	0,25	–	
Cuptoare S. M.	1,1	0,675	0,26	0,33	0,48	0,22	0,67	–	0,22	0,32	0,44	$Q_u = 0{,}48 - 0{,}33 = 0{,}15$
Cuptoare S. M.	2,03	0,23	0,15	–	0,43	0,06	0,23	–	0,30	0,27	0,52	

*) r — proporție de căldură consumată, care se regenerează.
**) Q_{gf} — căldura chimică a gazelor de furnal.

Căldura utilă se compune din:

$$Q_u = Q_{pt} - Q_{mi} \qquad (7)$$

în care:
Q_{pt} este căldura sensibilă a produsului tehnologic;
Q_{mi} — căldura sensibilă inițială a materialelor încărcate.

In tabela 1 sunt redate câteva valori uzuale din bilanțul termic pentru furnale înalte și

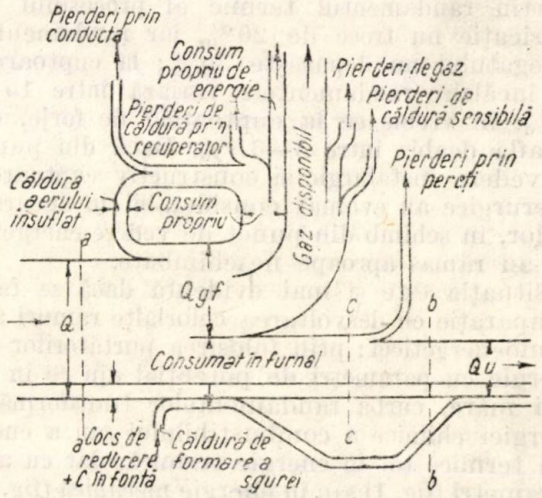


Fig. 3. Schema termică a unui furnal înalt

cuptoare Martin (cu fontă lichidă și fontă solidă). Exemple de scheme termice pentru furnale și cuptoare Martin sunt redate în figurile 3 și 4.

In exploatare prin randamentul termic al cuptorului se înțelege deobicei η_a, sub forma cea mai simplă indicată la (1), întrucât această valoare este invers proporțională cu consumul

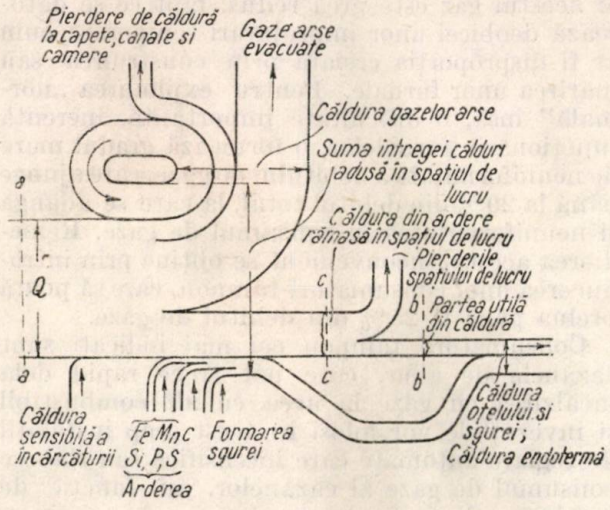


Fig. 4. Schema termică a unui cuptor Martin.

specific de combustibil Q (în kcal/t produs). Într'adevăr putem scrie :

$$\eta_a = \frac{Q_u}{Q}$$

în care Q_u, căldura utilă, este practic constantă pentru același cuptor. Prin urmare, cunoscând consumul specific putem determina ușor randamentul agregatului.

Exemple : 1. Un cuptor Martin consumă $1{,}7 \cdot 10^6$ kcal/t oțel ; fontă de încărcare solidă.

Q_u = căld. sens. a oțelului + căld. sens. a zgurei =

$$Q_u = 0{,}34 \cdot 10^6 + 0{,}07 \cdot 10^6 = 0{,}41 \cdot 10^6$$

de unde :

$$\eta_a = \frac{0{,}41 \cdot 10^6}{1{,}7 \cdot 10^6} = 0{,}24$$

2. Un cuptor Martin consumă $1{,}3 \cdot 10^6$ kcal/t oțel ; fontă de încărcare lichidă.

$$Q_u = Q_{pt} - Q_{mi} = 0{,}41 \cdot 10^6 - 0{,}25 \cdot 10^6 = 0{,}16 \cdot 10^6 \text{ kcal/t}$$

de unde :

$$\eta_a = \frac{0{,}16 \cdot 10^6}{1{,}3 \cdot 10^6} = 0{,}12.$$

Calcularea randamentului agregatului se complică atunci când se ține seamă de căldura endotermă (Q_{en}) și exotermă (Q_{ex}), de căldura recâștigată prin regenerare sau recuperare, etc. Sunt cazuri când „căldura utilă" devine negativă, ca la unele prăjitoare de minereuri. Din această cauză se preferă a se utiliza în locul ecuației (1) forma obținută prin metoda bilanțului termic invers din ecuația (4) :

$$\eta_a = 1 - \frac{Q_{ma} + Q_{ga}}{Q} \qquad (8)$$

Dacă se ține seamă de căldura exotermă, respectiv de căldura cuprinsă în produsele secundare solide, ca zguri, cenuși, etc. (Q_{ps}), randamentul agregatului devine :

$$\eta_a = \frac{Q_u}{Q + Q_{ex}} \qquad (9)$$

sau

$$\eta_a = 1 - \frac{Q_{ps} + Q_{ma} + Q_{ga}}{Q + Q_{ex}} \qquad (10)$$

Folosind formula (9), trebue să ținem seamă că în căldura utilă, se cuprinde și căldura endotermă adică :

$$Q_u = Q_{pt} - Q_{mi} + Q_{en} \qquad (11)$$

Insfârșit dacă folosim aer sau gaze preîncălzite, căldura introdusă în cuptor va fi :

$$Q + Qr + Q_{ex} = Q\,(1 + r) + Q_{ex}$$

în care r reprezintă proporția de căldură recuperată față de cea produsă prin ardere.

La aceste câteva exemple, care se referă la randamentul termic al agregatului se pot adăuga toate posibilitățile ce rezultă din împărțirea cantităților de căldură din schemele termice, de exemplu : Q_{sl} (planul de tăiere $c - c$) prin Q (planul de tăiere $a - a$), etc.

Această varietate considerabilă de valori a randamentelor, conduce la preferarea indicării valorilor diverselor pierderi ca Q_{ga}, Q_{ma}, Q_{ar} etc. astfel cum s'a procedat în tabela 1.

Prin urmare, pentru exploatare este recomandabil a se indica aceste valori, sau în cazurile unde se cere randamentul cuptorului să se calculeze după formula (1). Numai în cazuri speciale se va recurge la celelalte formule, după împrejurări.

II. CONDIȚIILE DE RECUPERARE

Recuperarea pierderilor de căldură considerate drept resurse energetice secundare este posibilă în proporții importante ; ea este totuși limitată de o serie de factori de natură calitativă și cantitativă. Dintre acești factori citâm :

— nivelul de temperatură a purtătorului de energie prea scăzut, respectiv cădere insuficientă de temperatură (exemplu apa de răcire) ;

— împrăștierea locurilor de producție, care face imposibilă o concentrare eficientă de căldură (furnale, cuptoare Martin) ;

— discontinuitate în producție (furnale, cuptoare Martin) ;

— impurități mecanice sau chimice în purtătorul de energie (apa de răcire, gaze arse la cuptorul Martin) ;

— cauze tehnologice care se opun recuperării (exemplu : răcirea laminatelor calde cu apă).

Deșeurile de căldură pot fi folosite din nou în procesul tehnologic din care provin sau în procese energetice exterioare. In primul caz ele sunt utilizate în direcția tehnologică, cum ar fi pentru preîncălzirea încărcăturei la cuptoarele rotative orizontale sau la cuptoarele verticale de reducere a minereurilor sau pentru preîncălzirea combustibilului sau aerului de combustiune la majoritatea cuptoarelor siderurgice.

Pentru producerea de energie folosită în afara agregatului, deşeurile de căldură antrenate de gazele arse sau de apa de răcire pot fi folosite în direcţia termică sau electrică, prin intermediul cazanelor utilizatoare sau a turbinelor cu aer cald. Desigur că folosirea deşeurilor de căldură în direcţia tehnologică este cea mai raţională, purtătorul de energie având de parcurs drumul cel mai scurt, cu pierderi minimale şi une ori în ciclu închis ; numai surplusul de căldură va fi folosit în afara agregatului tehnologic.

Trebue însă subliniat că soluţia optimă o reprezintă micşorarea pierderilor de căldură şi numai după epuizarea acestei posibilităţi se poate trece la recuperarea deşeurilor de căldură.

Purtătorii de energie secundară din siderurgie se află în toate stările : solidă, lichidă, gazoasă. Astfel sunt sgurile, lingotierele, barele laminate, apa, aburul, gazele arse (şi de furnal), cocsul incandescent, care formează o problemă aparte, etc. Nu toţi purtătorii de căldură au aceeaşi pondere, diferenţele între ei fiind deosebit de mari. Totuşi, după condiţiile locale, există posibilitatea de a utiliza unul sau mai mulţi purtători de căldură, indiferent de ponderea lor.

III. POSIBILITĂŢI DE RECUPERARE

Resursele energetice secundare pot fi clasificate din punct de vedere tehnico-economic în : recuperabile, condiţionat recuperabile şi nerecuperabile. Această gradaţie în posibilităţile de recuperare este după cum s'a arătat, în funcţie de nivelul de temperatură, de concentrarea cantitativă, continuitatea în producţie, etc. a purtătorilor de energie. Din acest punct de vedere se vor analiza aci resursele energetice secundare care provin numai din sectoarele siderurgice propriu-zise deci fără acele de provenienţă termoenergetică.

Furnale înalte. Randamentul agregatului după cum reiese din schema termică, fig. 3 planele $\left(\frac{b-b}{a-a}\right)\eta_a = \frac{Q_u}{Q}$ variază între 35 şi 45%, la care dacă adăugăm căldura chimică a gazelor de furnal rămase disponibile şi care este de 35—40%, obţinem un randament total în jurul lui 80%.

Gazele de furnal (*căldura chimică*). Randamentul menţionat este din cele mai bune din punct de vedere energetic, cu condiţia ca gazele de furnal să fie integral utilizate, ceeace nu se poate încă spune despre toate întreprinderile siderurgice. Acest randament este excepţional pentru un agregat pirometalurgic, dar numai în aparenţă ; în realitate el ascunde o depreciere a parametrilor energetici prin transformarea a aproape jumătate din combustibilul superior, cocsul, în gaz sărac de furnal.

Imbunătăţirea acestei situaţii prin modificarea procesului tehnologic (furnale cu cuvă joasă, cuptoare rotative orizontale, etc.) depăşeşte tema acestui articol.

Deocamdată problema cea mai acută o formează aşadar utilizarea cât mai complectă a gazelor furnalelor înalte clasice. Cel mai frecvent este cazul când numărul de consumatori ai acestui gaz este prea redus, fapt ce se datorează deobicei unor împrejurări temporare, cum ar fi disproporţia creiată prin construirea sau mărirea unor furnale. Pentru explotarea „normală" însă, o dificultate importantă, inerentă funcţionării furnalelor, o formează gradul mare de neuniformitate a debitului de gaze, care ajunge până la 20% din debitul total, la care se adaugă şi neuniformitatea în consumul de gaze. Remedierea acestui inconvenient se obţine prin introducerea unor consumatori-tampon, care să poată prelua până la 25% din debitul de gaze.

Consumatorii tampon cei mai indicaţi sunt cazanele de abur, care pot trece rapid dela încălzirea cu gaze la acea cu alt combustibil şi invers ; ele vor folosi în acest scop instalaţii de reglare automate care intensifică sau slăbesc consumul de gaze al cazanelor, în funcţie de presiunea din reţeaua de gaz.

Remarcăm că din punct de vedere energetic, acţiunea suflantelor cu motoare cu gaz de furnal este deosebit de favorabilă. Aceste motoare pot consuma până la 12% din debitul total de gaze şi au un randament total de 22—28%, faţă de cel al turbinelor mari cu abur de 19—23% (incl. cazan).

Tot în legătură cu folosirea gazelor de furnal ing. E. A. Nitchevici propune să se înlocuiască cauperele prin recuperatoare de oţel refractar, iar suflantele respective să fie acţionate de turbine cu aer cald, a căror gaze arse servesc la preîncălzirea vântului. In acest mod se obţine un randament ridicat, în vreme ce dimensiunile şi cheltuelile devin mult mai mici.

Gazele de furnal (*căldura sensibilă*). Temperatura gazelor de furnal variază între 150 şi 400°, ceeace corespunde la o producţie de 4000 Nm^3/t cocs unui conţinut de căldură sensibilă până la 350.10^3 kcal/t fontă, adică circa 5% din consumul de căldură.

Apa de răcire se consumă între 12 şi 30 m^3/t fontă. Creşterea temperaturii apei nu depăşeşte 10—12 °C, pentru a evita depuneri pe dispozitivele de răcire ; în consecinţă apa iese cu 30—40°. Căldura preluată de apă este deci circa $280 \cdot 10^3$ kcal/t fontă, ceeace reprezintă 4% din căldura introdusă în furnal.

Sgura de furnal se produce în cantitate de 0,6—1,1 t/t fontă ; la o temperatură de 1350 — 1450° conţine $400—500.10^3$ kcal/t, adică 3,5 — 5% din căldura introdusă în furnal.

Aceste trei resurse energetice secundare ale furnalului totalizând circa 14% din consum, fac parte deocamdată din categoria „nerecuperabile". Incercări făcute cu sgura de furnal n'au reuşit din cauza cantităţii relativ reduse de sgură, obţinute în perioade scurte şi distanţate ; conţinutul de 2—3% sulf a distrus instalaţia de recuperare prin care se proceda la granularea sgurei cu apă. Totuşi o mică parte din

această apă caldă poate servi pentru băi termale cu sulf.

Fonta lichidă conține circa $0{,}27.10^6$ kcal/t. Prin folosirea ei la cuptoarele Martin — prin intermediul melanjorului — scade consumul pentru căldura utilă în cuptoarele Martin (de 300—380 kcal/kg oțel) cu 2,5 kcal pentru fiecare % fontă topită introdusă.

Oțelăria Martin. *Apa de răcire* a cuptorului (în afară de aceea pentru uși) iese cu o temperatură de 40—60°. La un debit de 6—9 m^3 apă/t oțel lingou, cuprinde deci circa 300.10^3 kcal/t oțel respectiv cca. 18% din căldura introdusă în cuptor. Asupra folosirii acestei ape de răcire se revine mai jos.

Sgura, se produce între 0,1 0,2 t/tona oțel, la o temperatură de circa 1 500°. Conținutul de căldură este deci de circa 70.10^3 kcal/t echivalent cu cca 4% din consumul de căldură a cuptorului. Cantitatea mică de căldură, produsă dispersat și discontinuu, clasează zgura în categoria „nerecuperabilă".

Lingotierele calde, după stripaj, au 400—500°. Prin răcirea lor la 100° se eliberează circa 50.10^3 kcal/t oțel (socotind 1 tonă lingotieră la 1 tonă oțel). Această cantitate (circa $3\%_0$ din Q) ar putea fi recuperată prin răcirea lingotierelor în camere închise pentru producerea de abur. Incercările făcute în acest sens n'au dat rezultate.

Lingourile conțin la temperatura de 900—1 100° circa $150—180.10^3$ kcal/t. Această căldură poate fi recuperată numai prin introducerea lingourilor calde în cuptoarele de încălzire din secția de laminare. Eficacitatea acestei recuperări este funcție de nivelul tehnico-organizatoric al uzinei; cu cât deservirea cuptoarelor cu lingouri calde („coeficient de recuperare") va fi mai regulată și temperatura lingourilor mai mare, cu atât va scade consumul specific de combustibil și va crește productivitatea cuptoarelor de încălzire. La un coeficient de recuperare de 75% și la temperatura medie de încărcare a lingourilor de 800°, consumul specific de căldură al unui cuptor adânc este de 250.10^3 kcal/t față de 700.10^3 kcal/t și mai mult la încărcătura cu lingouri reci. Prin urmare în întreprinderile care au oțelărie-laminor, căldura menționată este „recuperabilă".

Gazele arse și apa de răcire. Temperatura gazelor arse, după ieșirea din camerele regeneratoare variază între 500° și 700°, deși la cuptoare bine îngrijite (cu etanșeitate bună) ea poate trece și de 900°, în vreme ce la cele cu aspirație puternică de aer fals, deabia că ajunge la 400—500°. La temperaturile obișnuite conținutul de căldură este de $430—580 \cdot 10^3$ kcal/t oțel, din care $280—430.10^3$ poate fi socotită drept căldură recuperabilă.

Apa de răcire a ramei ușilor are un conținut de cel puțin 160.10^3 kcal/h și ușă, iar restul apei de răcire (capete, canale, etc.) $250—350.10^3$ kcal/t oțel.

Prin urmare, atât gazele arse, cât și apa de răcire conțin cantități importante de căldură. Numai prin utilizarea gazelor arse se poate recupera până la 35% din consumul de căldură. Intrebuințarea cazanelor utilizatoare devine economică în acest scop, dat fiind temperatura gazelor arse dela cuptorul Martin, deabia dela o cantitate minimă de 900 Nm^3/h gaze arse, ceeace corespunde la o producție orară de 4 tone oțel.

Pe de altă parte și apa de răcire a ușilor poate fi folosită pentru producerea de abur de joasă presiune pentru încălzire. Dacă această apă de răcire este întrebuințată în cazanul utilizator prin circulație forțată (ramele ușilor fiind construite pentru presiunea corespunzătoare), putem obține drept căldură utilă $340—500.10^3$ kcal/t oțel.

Din exemplul de calcul din tabela 2, rezultă că în acest fel se poate recupera 50—80 kWh/t oțel. Evident că în afară de execuția perfectă a cazanului recuperator, o condiție esențială o formează și construcția canalelor de fum pentru asigurarea unei bune circulații a gazelor, oprirea intrării aerului fals, etc.

Punctul cel mai delicat îl constitue însă construcția cazanului utilizator, care a făcut progrese însemnate în ultima vreme, mai ales în ce privește îndepărtarea prafului de pe suprafețele exterioare de încălzire. S'a ajuns la acest rezultat printr'o construcție adecuată a cazanului în special de tip vertical, unele cazane fiind prevăzute cu dispozitive de curățirea suprafețelor de încălzire prin jet de abur de presiune mare sau de abur cu nisip.

Prin instalarea unui asemenea cazan — cât mai aproape de cuptor—se obține în mod curent la un cuptor Martin de 30 t, o cantitate de 2 t/h abur de 12 at și 300°C, gazele arse având înaintea cazanului (supraîncălzitorului) 650—600°, iar după cazan (economizor) 230—260°. La unități mai mari se pot cupla mai multe cazane în paralel, folosind un singur coș.

Un progres important în energetica cuptoarelor Martin îl reprezintă înlocuirea răcirii cu apă prin răcire prin evaporare, după sistemul propus de S.M. Adoniev. In acest sistem se trece o cantitate mică de apă (1/25—1/30 din cea normală) cu o duritate de cel mult 0,03° prin piesele ce trebue răcite, formându-se un amestec de abur cu apă. Sistemul lucrează prin circulație naturală în circuit închis, producând abur la un preț extrem de scăzut. Deocamdată rămâne să se pună la punct condițiile de circulație a amestecului abur-apă, care mai prezintă unele dificultăți.

Tot aci trebue menționată și folosirea turbinei cu gaze pentru recuperarea pierderilor de căldură a cuptoarelor Martin, prin care s'ar putea obține 50—70 kWh/t oțel; această soluție n'a găsit încă aplicare pe scară industrială, mai ales din cauza dificultăților ce se ridică la construirea schimbătorului de căldură.

Laminoare. Consumul de căldură la cuptoarele de încălzire variază între $0{,}5—1{,}2.10^6$ kcal/t la cuptoarele cu propulsiune pentru lingouri (fără recuperare de căldură), între 0,5—

$1{,}1.10^6$ kcal/t la cuptoarele adânci, între 0,5—0,8 kcal/t la cuptoarele de încălzit table ş.a.m.d. Căldura utilă este de circa $0{,}2.10^6$ kcal/t oţel.

Cuptoare de încălzire. Din punct de vedere energetic cele mai importante cuptoare sunt acele de propulsiune şi de rostogolire pentru lingouri, brame şi ţagle. Temperatura gazelor arse este de 700°—1000°, ceeace corespunde unei pierderi de 35—50% din căldura introdusă. Deşi prin întrebuinţarea recuperatorilor metalici această pierdere se poate reduce până la jumătate, totuşi din cauza scurtei durabilităţi a acestor schimbători de căldură, utilizarea lor se făcea pe scară restrânsă.

Pentru înlăturarea acestui inconvenient se micşorează artificial temperatura de intrare a a gazelor arse la 600—800°, aşa încât temperatura de preîncălzire a aerului nu trece de 200—300°, iar a gazelor de combustiune de 150—200°. In acest scop se utilizează recuperatori de fontă cu ace, pentru preîncălzirea aerului şi recuperatori din ţevi de oţel montaţi după acei pentru aer, pentru gazele combustibile. Durata de funcţionare a primilor recuperatori este de cel puţin 2 ani, iar acelor pentru gaz de 3—4 ani.

Apa de răcire, a cuptoarelor şi a laminoarelor este în cantitate mică şi cu temperatură redusă. Căldura conţinută este nerecuperabilă.

Energia de alunecare a electromotoarelor asincrone de acţionare şi care se pierde prin reostatele de lunecare reprezintă cantităţi importante, de 8—10% din energia consumată. Recuperarea ei prin folosirea motorului asincron în cascadă necesită motoare auxiliare deosebit de scumpe.

In schimb s'a introdus întrebuinţarea acestei energii pentru producerea de abur în cazane electrice, care înlocuesc reostatele obişnuite. Pierderea de căldură este prin urmare condiţionat recuperabilă.

Recuperarea căldurii sensibile la un cuptor Martin

Tabela 2

	Simbol	Cantitate	Unităţi
1. Consumul de căldură	Q	$1{,}5.10^6$	kcal/t oţel
2. Păcură	P_i	10^4	kcal/kg păcură
3. Consum de păcură $\frac{Q}{P_i}$	B	$1{,}5.10^2$	kg păc./t oţel
4. Cantitatea gazelor arse : (Exces de aer $n=1{,}1$) $V_{ga} = [K_2+(n-1)\ K_1]\frac{P_i}{1000} =$ $= (1{,}19 + 0{,}1.\ 1{,}1)\ \frac{10^4}{10^3} = 13{,}0$ Aer falş 50% : $\frac{0{,}5.1{,}06\ P_i}{1000} = 5{,}0$	V_{ga}	18	m^3 gaze arse/kg păcură
5. Temperatura gazelor arse : la eşirea din regeneratori . . .	t_1	550—700	°C
înaintea cazanului utilizator . .	t_2	450—600	°C
la eşirea din cazanul utilizator	t_3	140	°C
6. Căldura specifică medie la t_2 . .	C_{m2}	0,350/0,357	kcal/Nm^3 gr
t_3 . .	C_{m3}	0,335	
7. Căldură utilă : raportată la cantitatea de păcură $(t_2 \cdot C_{m2} - t_3 C_{m3})\ V_{ga}$	q_{u1}	1991/3011	kcal/kg păc.
raportată la căldura introdusă $\frac{q_{u1}}{P_i}$	q_{u2}	199/301	kcal/10^3 kcal
raportată la producţia de oţel $Q \cdot q_{u2} \cdot 10^6$	q_{u3}	248/452	10^3 kcal/t oţel
8. Căldură utilă din apa de răcire a ramelor uşilor (140—150.10^3 kcal/h şi uşă la cuptoare Martin mijlocii cu 3 uşi şi producţia de 6 t/h) — raportată la producţia de oţel . $\frac{3.140}{6}$ până la $\frac{3.150}{6}$	q_{u4}	70/75 10^3	kcal/t oţel
— raportată la căldura introdusă . $\frac{q_{u4}}{1{,}5}$	q_{u5}	47/50	kcal/10^3 kcal
9. Total căldură utilă $q_{u3}+q_{u4}$ . .	q_{u6}	369/527	10^3 kcal/t oţel
10. Producţia posibilă de abur (de 14 ata şi 350° $i = 752$ kcal/kg la $\eta_{ca\text{-}an} = 0{,}85$ $D = \frac{10^3 q_{u6} \cdot 0{,}85}{i}$	D	415/642	kg abur/t oţel
11. Producţia posibilă de energie electrică = (7,5 kg abur/kWh) $\frac{D}{7{,}5}$	P_1	55,5/85,5	kWh/t oţel
Consumul de energie a exhaustorului (1 kWh/10^3 Nm^3 gaze arse) $\frac{B.V_{ga}}{10^3} = \frac{1{,}5.10^2.18}{10^3}$	P_2	2,7	kWh/t oţel
Consumul de energie al pompei de circulaţie a apei . . .	P_3	1,0	kWh/t oţel
Producţia efectivă de energie	P_4	51,8/81,8	kWh/t oţel

Din cele arătate mai sus, rezultă că în industria siderurgică există multiple posibilități de recuperare a pierderilor de căldură. Astfel folosirea integrală a gazelor de furnal, instalarea de cazane utilizatoare la cuptoarele Martin și de recuperatoare la cuptoarele cu propulsiune formează soluții imediate, rentabile și perfect realizabile din punct de vedere tehnic. La aceste posibilități se adaugă și procedeele complexe energo-tehnologice din siderurgie experimentate cu deosebit succes în U.R.S.S., prin care domeniul de recuperare devine și mai vast. Depinde numai de inițiativa creatoare a inginerilor și tehnicienilor să pună în practică una sau mai multe din posibilitățile arătate, prin care se va obține un salt în rentabilitatea uzinelor siderurgice.

Concluzii. Randamentele termice ale agregatelor pirotehnologice au evoluat mult mai lent decât cele ale altor agregate termoenergetice (mașini și turbine cu abur, turbine cu gaze, etc.). Imbunătățirea este posibilă prin mai multe metode, din care recuperarea pierderilor de căldură este una din cele mai importante.

Din marele număr de „randamente termice", se recomandă pentru exploatare a se folosi numai forma cea mai simplă, $\eta_a = \frac{Q_u}{Q}$ în care Q este consumul specific de combustibil, valoarea cea mai importantă pentru practică.

Resursele energetice secundare sunt împărțite în : recuperabile, condiționat recuperabile și nerecuperabile. La fiecare din agregatele siderurgice (furnale , oțelăria Martin și laminoare) s'au arătat care sunt pierderile de căldură, categoria din care fac parte și în cazul celor recuperabile metodele practic aplicabile. Rezultă că la fiecare din aceste agregate sunt posibilități considerabile de recuperare a pierderilor de căldură ; prin aceste recuperări, randamentele termice se pot majora cu 20—70%.

Bibliografie

1. *Liahovschi A. I.* : Problemele de termo-energetică în uzinele metalurgice, Metalurghizdat, 1951.
2. *Semenenco N. A* : Resurse energetice secundare în industrie, (trad.). Edit. Energetică de Stat, 1952.
3. *Inozemțev N. P.* : Sistemul de răcire prin evaporare la cuptoarele Martin. Za economiiu topliva, Nr. 6—1952.

★

АКТУАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ К.П.Д. ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ПОТЕРЬ ТЕПЛА

Резюме

В рамках вопроса улучшения теплового к.п.д. в черной металлургии рекуперацией потерь тепла автор анализирует возможности рекуперации тепла доменных печей, мартеновских цехов, прокатных станов, нагревательных печей и указывает что возможными рекуперациями можно повысить тепловой к.п.д. на 20—70%.

METODA RAPIDĂ DE CALCUL PENTRU RECUPERAREA CĂLDURII LA MOTOARELE CU ARDERE INTERNĂ

Ing. M. BLUMENFELD și Ing. G. WAIS

La motoarele cu ardere internă de mare putere, o problemă importantă este recuperarea căldurii pierdute prin gazele arse și prin apa de răcire, prin producerea de apă caldă sau abur de joasă presiune, pentru a îmbunătăți randamentul întregii instalații. Autorii indică o metodă rapidă de calcul al debitelor de apă caldă sau abur saturat, ce se pot obține utilizând gazele arse într'un schimbător de căldură. Pornind dela diagrama I trasată pe bază de date statistice, din care se poate obține debitul de gaze arse și temperatura gazelor pentru diferite puteri și sarcini, se obține prin construcțiile indicate în două exemple, debitul de apă caldă în diagrama IV sau debitul de abur în diagrama VI

Marele desavantaj al instalațiilor termice de producere a energiei mecanice constă în faptul că într'o astfel de instalație se pierde o mare cantitate de energie, când fluidul motor vine în contact cu sursa rece. In cazul motoarelor cu combustie internă, pierderea de căldură este între 60...70% din cantitatea de căldură introdusă în motor. Această căldură se regăsește în apa de răcire (aproximativ 30%), în gazele de evacuare (aproximativ 25%) și în căldura pierdută prin radiație.

Cantitatea totală de căldură pierdută este importantă mai ales în cazul unităților de mare putere, la care recuperarea devine o problemă deosebit de importantă, menită să îmbunătățească simțitor randamentul termic al întregii instalații.

Căldura pierdută prin gazele de evacuare se poate recupera prin trecerea gazelor printr'un cazan de recuperare în scopul producerii de abur sau apă caldă. Căldura înmagazinată în apa de răcire poate fi utilizată întrebuințând apa de răcire ca apă caldă (la 60...80 C) sau utilizându-se ca apă de alimentare a cazanului de recuperare a pierderilor din gazele arse.

Aburul sau apa caldă pot fi utilizate în diferite scopuri cum ar fi : acoperirea consumului intern de abur de fabricație de joasă presiune, crearea

unei instalații de termoficare, încălzirea rezervoarelor de combustibil și ulei, utilizarea în instalații de dușuri sau băi, etc.

Scopul articolului de față este indicarea unei metode expeditive de determinare a debitului de apă caldă sau abur ce se poate obține prin recuperarea căldurii conținută în gazele arse ale motoarelor cu combustie internă, date ce pot servi la determinarea rentabilității unei astfel de instalații.

Diagrama I, trasată pe baza unor date statistice, ridicate pe o serie mare de motoare cu combustie internă, servește la determinarea temperaturii și debitului în greutate de gaze arse, la diferite puteri și sarcini ale motorului. De exemplu la puterea de $N = 1\,000$ CP și la plină sarcină (100 %), se obține temperatura gazelor $t_e^0 = 365°C$ și debitul $G_e = 4\,650$ kg/h.

In diagrama II sunt trasate în coordonate G (debit de gaze) — Δt (diferență de temperatură) o serie de curbe care dau cantitatea de căldură ce poate fi obținută pentru un debit de gaze cunoscut și o diferență determinată de temperatură a gazelor în cazanul de recuperare La trasarea curbelor, s'a admis căldura specifică a gazelor de evacuare $c_p = 0{,}25$ kcal/kg °C. Diferența de temperatură se poate determina ținând seama de următoarele observații:

— pentruca transmisia căldurii dela gazele arse la apa de încălzit să se facă în condiții bune trebue ca temperatura de ieșire a gazelor t_e' din cazanul de recuperare să fie cu cel puțin 60° mai mare decât temperatura maximă a apei sau aburului de încălzit t_a' adică:

$$t_e' = t_a' + 60° \qquad (1)$$

— pentru o bună utilizare a instalației, temperatura minimă a gazelor de evacuare nu trebue să coboare sub

$$t_e' \geqslant 160° \qquad (2)$$

Dacă t_e' calculat cu relația (1) este mai mic decât 160, se alege $t_e' = 160°$, conform relației (2).

Diagrama IV servește la determinarea debitului de apă caldă. In coordonate Q_e (cantitate de căldură disponibilă din gazele de evacuare) — Δt_a (creștere de temperatură a apei) sunt trasate dreptele de debit constant de apă caldă. La trasarea diagramei, s'a admis randamentul instalației de recuperare $\eta_c = 0{,}9$.

Diferența de temperatură Δt_a se obține din diagrama III, unde în abscisă este trecută temperatura de intrare a apei în recuperator, t_a', iar în ordonată temperatura de ieșire a apei calde t_a''. In exemplul din diagramă, luând $t_a' = 15°C$ și $t_a'' = 80°C$ se obține prin construcția indicată în diagramă $\Delta t_a = 65°C$ (punctul d).

Diagrama V permite determinarea cantității de căldură q, necesară pentru producerea unui kg de abur saturat uscat, pornind dela temperatura de intrare a apei în cazan și dela presiunea vaporilor produși. In dreapta diagramei, se dau și temperaturile corespunzătoare ale aburului la presiunea indicată. Interpolarea pe diagramă se face ușor, deoarece curbele sunt paralele.

Din diagrama VI, trasată în coordonate Q_e (cantitate de căldură disponibilă din gazele de evacuare) — q (cantitate de căldură necesară pentru producerea unui kg de abur), se poate determina debitul de abur ce se poate obține dintr'o cantitate de căldură dată, La trasarea diagramei, s'a admis randamentul instalației $\eta_c = 0{,}9$. Pentru alte randamente se poate utiliza dreapta auxiliară OB.

Exemplul 1. Să se găsească debitul de apă caldă de $t_a'' = 80°C$ ce se poate obține dintr'o instalație de recuperare a căldurii din gazele arse, la un motor de $N = 1\,000$ CP, funcționând în plină sarcină. Temperatura de intrare a apei $t_a' = 15°C$. Randamentul schimbătorului de căldură $\eta_c = 0{,}9$.

— Din diagrama I se obține pe dreapta de plină sarcină punctul a, căruia îi corespund punctele a' ($t_e = 365°C$) și a'' ($G_e = 4\,650$ kg/h).

— Temperatura de ieșire a gazelor din recuperator se obține din relația (1)

$$t_e' = t_a' + 60 = 80 + 60 = 140 < 160.$$

Deoarece temperatura este mai mică decât 160°C, se ia conform relației (2) $t_e' = 160°C$.

Diferența de temperatură a gazelor este:

$$\Delta t = t_e - t_e' = 365 - 160 = 205°C.$$

— La intersecția între debitul $G_e = 4\,650$ kg/h și diferența de temperatură $\Delta t = 205°C$, se obține în diagrama II cantitatea de căldură disponibilă — punctul b ($Q_e = 238\,000$ kcal/h). Din punctul b se obține ca în figură punctul c de debit $Q_e = 238\,000$ kcal/h.

— Din digarama III se determină creșterea de temperatură a apei calde; în ordonată se pune temperatura de intrare a apei reci $t_a' = 15°C$ și în abscisă temperatura cerută pentru apa caldă $t_a'' = 80°C$. Prin construcția indicată în figură se obține punctul d ($\Delta t_a = 65°C$).

— Ducând paralele cu ordonata, respectiv abscisa, din punctele d și c se obține punctul e în diagrama IV, unde prin interpolare se obține debitul de de apă caldă,

$$G_a = 3\,300 \text{ kg/h}.$$

Debitul de gaze G_e și cantitatea de căldură Q_e, care au fost determinate în exemplul de mai sus — pentru o mai bună înțelegere a metodei de lucru — nu trebue determinate când se lucrează cu diagrama.

Exemplul 2. Să se determine cantitatea de abur saturat de $p = 4$ kg/cm², care poate fi obținută prin recuperarea căldurii din gazele arse la motorul indicat mai sus. Temperatura de intrare a apei $t_a = 25°C$. Randamentul instalației $\eta_c = 0{,}92$.

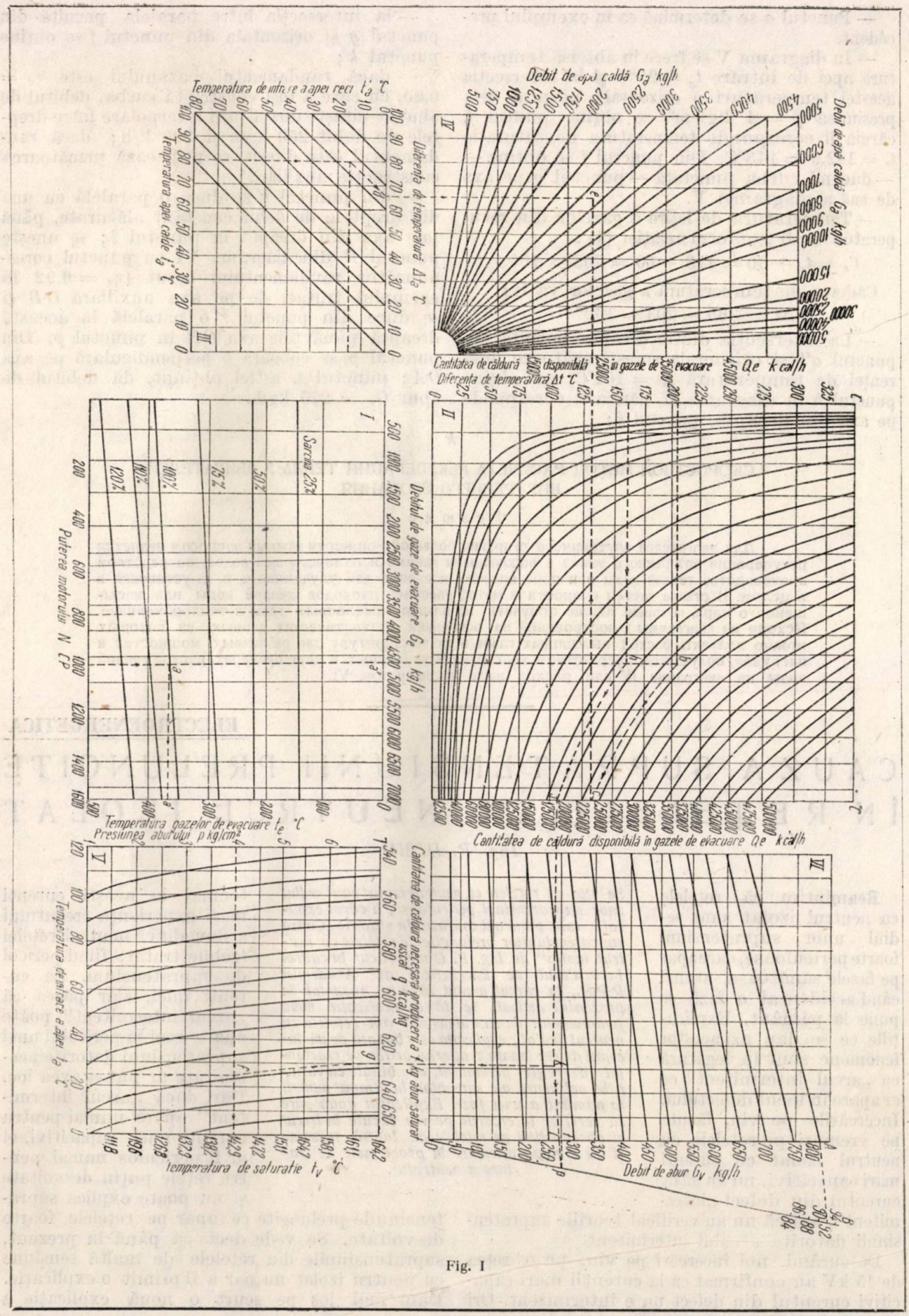

Temperatura de intrare a apei reci t_a' °C
Temperatura apei calde t_a'' °C
III
Debit de apă caldă G_a kg/h
Diferența de temperatură Δt_a °C
II
Debit de apă rece G_a kg/h
Cantitatea de căldură disponibilă în gazele de evacuare Qe k cal/h
Diferența de temperatură Δt °C
Debitul de gaze de evacuare G_e kg/h
Puterea motorului N CP
Sarcina 25%
I
Temperatura gazelor de evacuare t_e °C
Presiunea aburului p kg/cm²
V
Temperatura de intrare a apei t_a °C
Căldura totală a aburului q kcal/kg
Temperatura de saturație t_v °C
Cantitatea de căldură necesară producerii 1 kg abur saturat
VI
Debit de abur G_v kg/h

Fig. I

— Punctul *a* se determină ca în exemplul precedent.

— In diagrama V se trece în abscisă temperatura apei de intrare $t_a = 25\,°C$ și la intersecția acestei temperaturi o orizontală pornită dela presiunea $p = 4$ kg/cm² se obține puntul *f*, căruia îi corespunde temperatura de saturație $t_v = 142{,}9° \simeq 143°C$. Din punctul *f* se obține — — ducând curba punctată — punctul *g* pe axa de sus a diagramei V.

— Temperatura de ieșire a gazelor din recuperator va fi conform relației (1):

$$t'_e = t_v + 60 = 143 + 60 = 203 > 160.$$

Căderea de temperatură a gazelor va fi:

$$\Delta t = 365 - 203 = 162°$$

— La intersecția dintre dreapta pornită din punctul *a''* și orizontala corespunzătoare diferenței de temperatură $\Delta t = 162°C$, se obține punctul *h* în diagrama II, căreia îi corespunde pe axa din dreapta, punctul *j*;

— la intersecția între paralela pornită din punctul *g* și orizontala din punctul *j* se obține punctul *k*;

— dacă randamentul cazanului este $\eta_c = 0{,}90$, cu care a fost construită curba, debitul de abur se citește direct prin interpolare între dreptele de debit 250 kg/h și 300 k/h; dacă randamentul este diferit, se utilizează următoarea construcție auxiliară:

— din punctul *k* se duce o paralelă cu una din dreptele de debit constant alăturate, până taie axa din dreapta în punctul *l*; se unește punctul *A* din diagrama VI cu punctul corespunzător randamentului cerut ($\eta_c = 0{,}92$ în exemplul tratat) de pe axa auxiliară *OB* și se duce din punctul *l* o paralelă la această dreaptă până taie axa *OB* în punctul *p*. Din punctul *p* se coboară o perpendiculară pe axa *OA*; punctul *t*, astfel obținut, dă debitul de abur $G_v = 275$ kg/h.

★

СКОРОСТНОЙ МЕТОД РАССЧЕТА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА У ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Резюме

Для двигателей внутреннего сгорания большой мощности важным вопросом является рекуперация потеренного тепла с выхлопнымн газами и охлаждающей водой, посредством производства теплой воды или пара низкого давления для улучшения к. п. д. установки в в целом. В статье дается скоростной метод рассчета расходов теплой воды или насыщенного пара, которые можно получить используя выхлопные газы в теплообменнике. Исходя из диаграммы I построенной на основании статистических данных, из которых можно получить расход выхлопных газов и их температуру для различных мощностей и нагрузок, получается, посредством конструкций указанных в двух примерах, расход теплой воды на диаграмме IV или расход пара на дигарамме VI.

ELECTROENERGETICA

CAUZA SUPRATENSIUNII PRELUNGITE ÎN REȚELELE CU NEUTRUL IZOLAT

Ing. P. DIMO

Se știe că rețelele cu neutrul izolat sunt sediul unor supratensiuni periculoase, a căror explicație este până azi confuză. In studiul „Cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutrul izolat" de Ing. P. Dimo, făcut în cadrul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., în cursul anului 1952 și resumat în prezentul articol, se dă o explicație nouă fenomenelor de supratensiune din rețelele cu neutrul izolat; explicația este bazată pe un început de rezonanță a alternatorilor pe reactanțele de regim permanent, combinate cu variațiile nelineare ale sarcinilor în timpul punerii la pământ a unei faze. Explicația nouă pare să verifice încercările pe viu făcute în trecut și observațiile pe rețelele de înaltă tensiune și dă o nouă orientare în problemele de tratare a neutrului.

Reamintim că rețelele cu neutrul izolat sunt sediul unor supratensiuni foarte periculoase, care apar pe fazele sănătoase, atunci când accidental o fază se pune la pământ. Explicațiile ce se dau azi acestor fenomene sunt în legătură cu „arcul intermitent" ce ar apare în locul defectului. Incercările pe viu, făcute pe vremuri pe rețelele cu neutrul izolat cu curenți mari capacitivi, nu au găsit curentul din defect „intermitent", așa că nu au verificat teoriile supratensiunii datorite arcului intermitent.

De curând, noi încercări pe viu, pe o rețea de 45 kV au confirmat că la curenții mari capacitivi curentul din defect nu e intermitent. Ori tocmai la acești curenți mari experiența trecutului a dovedit că neutrul rețelei trebue tratat, fiind pericol de supratensiuni. La curenți mici, s'ar părea că „arcul intermitent" poate apare real și pericolul unei supratensiuni datorite acestui arc ar putea avea loc. Dar, dacă „arcul intermitent" apare numai pentru curenți mici capacitivi, el ar fi periculos numai pentru rețele puțin desvoltate și nu poate explica supratensiunile prelungite ce apar pe rețelele foarte desvoltate. Se vede deci că până în prezent, supratensiunile din rețelele de înaltă tensiune cu neutru izolat nu par a fi primit o explicație. Dăm mai jos pe scurt o nouă explicație a

fenomenului, propusă în lucrarea „Cauza supratensiunii prelungite în rețele cu neutru izolat" (efectuată în cursul anului 1952 la Institutul de Energetică) și care pare să explice supratensiunile ce apăreau pe vremuri în rețelele întinse de înaltă tensiune cu neutrul izolat, rețele care azi — din această cauză — se construesc de tipul cu neutru tratat.

I. **Analiza completă a fenomenului de scurt-circuit la pământ pe o rețea cu neutrul izolat.** Să presupunem un defect la pământ pe o fază într'o rețea de înaltă tensiune cu neutrul izolat. Să mai presupunem că rețeaua se poate reduce pentru calcul la un generator unic, care debitează pe punctul unde are loc defectul. Inainte de defect, acest generator debita în acest punct o putere activă P_s și o putere reactivă Q_s, cu o tensiune în punctul de defect $U = 1$ (vezi fig. 1).

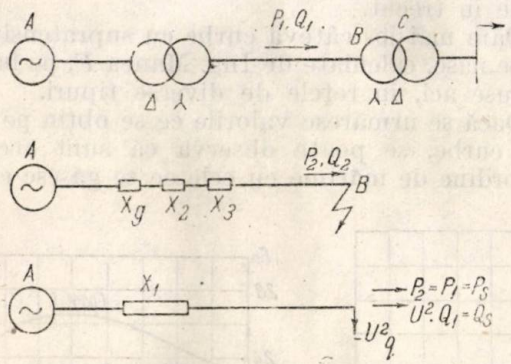


Fig. 1. Schema redusă la generatorul echivalent.

După defect, se introduce de fapt, pe schema echivalentă a fazei cu defect pe secvența directă, un șunt echivalent capacitiv. Dacă notăm cu q puterea capacitivă, pe care ar consuma-o acest șunt dacă i se aplică tensiunea $U = 1$, atunci consumația lui devine după defect: $q\,U^2$, în care U este tensiunea pe secvența directă ce se stabilește în locul defectului după producerea defectului.

Dacă admitem că sarcina variază în timpul defectului după legile:

— puterea activă constantă;

— puterea reactivă cu pătratul tensiunii;

și dacă introducem aceste legi de variație ale sarcinii în formulele ce stabilesc echilibrul puterilor active și reactive în punctul de defect, se găsește expresia tensiunii în unități relative:

$$U^2 = \frac{1 \pm \sqrt{1 - K_1^2 \sin^2 2\delta_1}}{2\,K_1^2 \cos^2 \delta_1} \qquad (1)$$

în care:

U este tensiunea directă în punctul de defect în unități relative, 1 fiind tensiunea dinainte de a apărea defectul, cu rețeaua sănătoasă;

δ_1 — unghiul dintre tensiunea generatorului și tensiunea în locul unde se va produce defectul;

$K_1 = 1 - \frac{c}{Q}$ este termenul se indică în ce măsură suntem apropiați de o condiție de rezonanță. In acest termen:

q este puterea capacitivă a șuntului echivalent când îi aplicăm tensiunea $U = 1$;

$Q = Q_s + Q_1$, puterea reactivă a sarcinii pentru tensiunea $U = 1$ plus puterea reactivă la aceeași tensiune a reactanței interne a generatorului ($Q_1 = \frac{U^2}{X_g} = \frac{1}{X_g}$; Xg = reactanța generatorului).

Dacă $K_1 = 0$, avem rezonanță, iar tensiunea U ia valoarea infinit.

Termenii K_1 și δ_1 sunt termeni caracteristici ai rețelei la un moment dat, primul în legătură cu circuitele inductive și capacitive în prezență iar al doilea în legătură cu încărcarea generatorului. In termenul Q_1, ce intră în compunerea lui Q, se poate considera pentru generator fie putere reactivă ce ar fi consumată de reactanța de scăpări, fie de reactanța sincronă echivalentă regimului permanent. In cazul de față, s'a considerat aceasta din urmă, cu care se explică „supratensiunea prelungită".

Dacă se aplică un criteriu oarecare de stabilitate formulei (1) de exemplu: $\frac{dQ}{dU} < 0$, atunci se elimină formula cu minus în fața radicalului și rămâne numai:

$$U^2 = \frac{1 + \sqrt{1 - K_1^2 \sin 2\delta_1}}{2K_1^2 \cos^2 \delta_1} \qquad (2)$$

tensiune care este stabilă numai pentru $\delta_1 < 45°$. Astfel s'a delimitat domeniul real de aplicare a formulei (1).

II. **Efectul rezistenței circuitelor și al unei caracteristici diferite a puterii reactive.** In formula de mai sus, s'a neglijat rezistența circuitelor generatorului până la locul de defect. Dacă se ține seama de această rezistență, se obține formula:

$$U^2 = \frac{1 + \sqrt{1 - K_1^2 \sin^2 2\,(\delta_1 + \alpha)}}{2\,K_1^2 \cos^2 (\delta + \alpha)} \qquad (5)$$

în care:

$\alpha = 90° - \operatorname{tg} \frac{x}{r}$

x — reactanța generatorului;

r — rezistența generatorului;

$K_1 = 1 - \frac{q}{Q'}$;

$Q' = Q_1 \cos \alpha + Q_s$,

Dacă se examinează efectul rezistenței pe această formulă, se ajunge la concluzia că — în unele cazuri — mărește supratensiunea și că se poate neglija rezistența în cazurile reale. Deasemenea dacă se cercetează cazul când curba $Q_s = f(U)$ a sarcinii reactive nu ar varia cu patratul tensiunii, ci cu mai mult sau mai puțin, se ajunge la concluzia că efectul supratensiunii

e mărit sau micșorat. In general, curbele reale ale sarcinii reactive sunt apropiate de $Q_s = KU^2$, așa că nu e cazul să se țină seamă de acest lucru în afară de cazuri speciale.

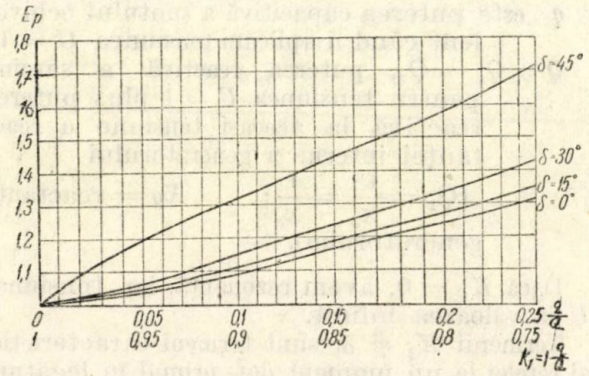


Fig. 2. Graficul componentei directe a tensiunii în punctul de defect în funcție de $K_1 = \left(1 - \frac{q}{Q}\right)$ sau de $\frac{q}{Q}$

Se mai menționează că — *dacă se face calculul fără neglijarea rezistenței — se obțin două tensiuni diferite pe cele două faze sănătoase,* așa cum de altfel s'a măsurat și pe rețelele în exploatare.

III. **Aplicarea formulei generatorului echivalent.** In figura 2 se dau o serie de curbe la care conduce formula (2) pentru diverși termeni K_1 și diverse unghiuri inițiale δ_1 ale generatorului.

Unghiul de 45° est cel mai periculos la aceeași valoare a lui K_1. Unghiul de 45° este și unghiul limită al stabilității statice înainte de defect și indică o situație în care generatorul e la limita încărcării. Se deduce că supratensiunea prelungită este cu atât mai mare cu cât generatorii sunt mai aproape de limita stabilității statice (foarte încărcați).

Dacă se calculează — cu ajutorul formulei generatorului echivalent — situațiile posibile pentru diverse tipuri de rețele, se ajunge la concluzia că valorile ce apar din calcul sunt chiar acelea care au fost constatate pe rețelele reale în trecut.

Dăm mai jos câteva curbe cu supratensiunile ce se nasc, calculate de Ing. Manea *F*, pe bazele expuse aci, în rețele de diverse tipuri.

Dacă se urmăresc valorile ce se obțin pe aceste curbe, se poate observa că sunt aceleași ca ordine de mărime cu cele ce se găsesc citate

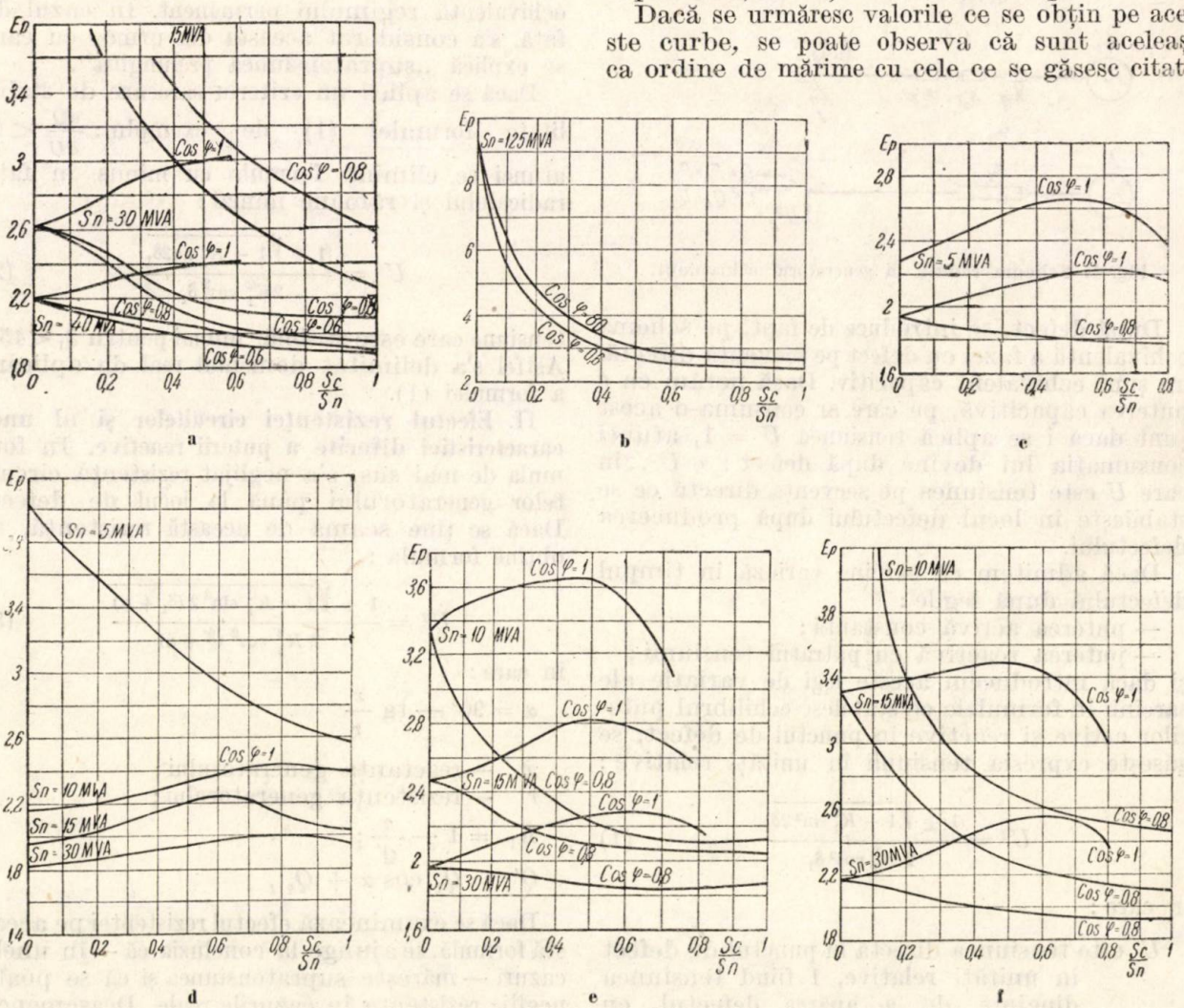


Fig. 3. Supratensiunile prelungite în funcție de încărcarea generatorilor $\frac{Sc}{Sn}$ pentru diverse puteri în funcțiune (Sn) și la diverși cosφ:

a—linie de 110 kV, 125 km; *b*—linie de 220 kV, 250 km; *c* — linie de 60 kV, 60 km; *d* — zece linii la 35 kV, a 30 km; *e* — cinci linii la 35 kV, a 30 km și un cablu de 1 km; *f*—două cable la 35 kV a 10 km.

în diverse relatări din trecutul exploatărilor electrice în rețele cu neutru izolat. La parametrii curenți ai rețelelor electrice, supratensiunile trec rar în unități relative de valoarea 3. La rețele peste 60 kV sunt în special mari.

S'au verificat observații și s'au făcut calcule și pentru rețele reale din R.P.R. Raportul, publicat în revista „Studii și Cercetări" a Institutului de Energetică 1953 — vol. 1, 2, dă relatări și detalii în această direcție.

IV. **Cazul a mai mulți generatori cu unghiuri diferite sau mai multe uzini.** In studiul amintit, s'au dat soluții și pentru cazul când s'ar dori examinarea, pe baza unei scheme echivalente mai exacte, a unei rețele cu mai mulți generatori.

Se demonstrează că generatorul echivalent rămâne exact numai dacă unghiurile generatorilor ce îl compun sunt aceleași. Se dă o soluție grafică de o aplicare extrem de comodă pentru cazul unui număr de uzini oarecare, cu unghiuri diferite. E de observat numai că, din punct de vedere calitativ, considerarea exactă a generatorilor, ce nu pot fi grupați într'un generator echivalent, nu schimbă aspectul problemei și soluția simplă dată cu generatorul echivalent rămâne de o mare valoare practică.

V. **Considerații generale asupra fenomenului fizic.** O punere la pământ într'o schemă echivalentă este similară cu introducerea bruscă a unei puteri capacitive în punctul de defect. Acest lucru poate produce o ușoară balansare a rotorilor și o lovitură de supratensiune. Supratensiunea va fi cu atât mai mare cu cât stabilitatea statică a sistemului în punctul unde se produce defectul e mai mică, după cum rezultă din formula stabilită. Reactanța echivalentă de calcul pentru generator este cea de regim permanent, longitudinală (ce capătă de multe ori notația X_d, spre deosebire de X' sau X_s care e cea de scăpări). E de discutat dacă nu este cazul să se introducă chiar o reactanță — ceva mai mare pentru unele cazuri — dacă se ține seama de disimetria ce se crează în generator și posibilitatea de a avea reactanțe diferite pe cele trei faze ale rotorului, din cauza variației neliniare a curbei de saturație. Este cert că mărimea ei este în jurul celei sincrone, dar — pentru o apreciere mai exactă — ar fi necesare studii și încercări suplimentare și speciale pentru acest caz. (reactanța echivalentă de regim permanent e determinată pentru alt caz). In calculele preliminare, ce însoțesc această nouă încercare de explicație a „supratensiuniilor prelungite", s'au considerat reactanțe apropiate de cele de regim permanente, fiind cert că în unele cazuri intervin chiar acestea. Problema acestei reactanțe echivalente merită un studiu de detaliu special

In privința compunerii supratensiunii, ce apare pe fazele sănătoase în momentul când se pune o fază la pământ, se constată din calcul :

1. *Componenta inversă* are importanță numai dacă generatorul e departe față de locul defectului.

2. *Rezistența circuitelor diferențiază ușor supratensiunea* pe cele două faze sănătoase, față de situația în care se consideră numai reactanța și se neglijează rezistența generatorului.

5. *Nelinearitatea curbelor de variație* a sarcinilor active și reactive cu tensiunea, are o importanță mare în valoarea supratensiunii.

4. *Balansarea rotorilor* poate produce oscilații ale acestei supratensiuni.

VI. **Verificările noii interpretări.** Se dau următoarele puncte principale, care verifică ipoteza făcută asupra cauzei supratensiunilor prelungite :

1. *Ordinea de mărime* a acestei supratensiuni, așa cum rezultă din calcul, este egală cu cea observată în trecut pe rețele cu neutrul izolat.

2. *Supratensiunile rezultate din calcul cu considerarea rezistenței sunt inegale* pe cele două faze, așa cum s'a observat la încercările pe viu făcute în trecut.

3. *La încercările pe viu făcute în trecut pe rețele cu curenți mari capacitivi* (de ordinul de mărime sute de amperi), nu s'a observat nicio intermitență a curentului, care ar fi justificat explicația clasică a arcului intermitent. De curând, încercări noi pe viu pe o rețea de 45 kV cu curenți capacitivi de peste 100 amperi au confirmat că nu există intermitență în cazul curenților mari. Autorii își exprimă părerea că numai la *curenții mici* capacitivi, asemenea intermitențe pot exista. Dar se știe că concluzia practică, conform căreia se tratează azi neutrul rețelelor, este că curenții mari capacitivi prezintă pericol pentru rețele.Deaceea, supratensiunile observate în trecutul istoric al desvoltării rețelelor de înaltă tensiune, care erau în marea lor majoritate cu neutrul izolat, nu-și găsesc explicație în clasicul „arc intermitent", dar sunt verificate de explicația prezentată acum.

4. *Dăm și o verificare cantitativă*, a unei încercări pe viu. Această încercare, făcută în 1933 și rămasă până azi fără o explicație clară, constă din măsurarea supratensiunii obținute înainte și după tratatea neutrului aceleași rețele :

— O rețea de 140 kV avea un curent capacitiv la pământ de 400 A. La o încercare pe viu, s'a obținut o supratensiune la pământ a fazelor sănătoase de : $E_p = 2{,}9\ E$.

— Prin tratarea neutrului (cu o reactanță) s'a redus curentul capacitiv la 120 A și o nouă încercare a condus la o supratensiune mai redusă și anume de : $E_p = 2\ E$.

Dacă aplicăm formula (B) primei încercări cu rețeaua în gol ($\delta_1 = 0$), deducem din această primă încercare termenul $K_1 = 0{,}595$. Prin tratarea neutrului, termenul $K_1 = 1 - \left(\frac{q}{Q}\right)$ se modifică deoarece se modifică șuntul capacitiv după cum urmează :

$$q' = q\frac{120}{400}$$

adică în raportul curenților capacitivi respectivi. Termenul K_1 devine $K' = 0{,}879$. Dacă căutăm supratensiunea ce se obține cu formula

(2), din această nouă situație a neutrului se verifică valoarea obținută experimental:

$$E_p = 2\ E.$$

5. In general, cu această explicație se înțelege dece până azi nu s'a putut trasa o limită precisă dela care încolo neutrul trebue tratat, atâta timp cât se căuta cauza în arcul intermitent. Acea limită trebue căutată în termenii K_1 și unghiul δ_1, sau în cazul a mai mulți generatori într'o cercetare a diverselor situații de funcționare în care supratensiunile sunt posibile, cercetare pentru care se dau soluții în studiul rezumat aci.

VII. **Consecințe și concluzii.** Rezumăm următoarele concluzii:

1. Momentul, când asemenea supratensiuni pot apare într'o rețea cu neutrul izolat, se poate determina prin calcul; deci, și momentul când e indispensabilă tratarea neutrului din punctul de vedere al acestei supratensiuni.

2. Anumite tipuri de tratări ale neutrului fac să dispară complect fenomenul și anume:

a) punerea directă la pământ;

b) legarea la pământ printr'o bobină supraacordată (domină curentul inductiv în defect, iar șuntul echivalent devine inductiv).

3. Nu este necesar să se trateze neutrul în toate punctele. Se determină prin calcul unde anume trebue tratat.

4. Reactorii pentru reducerea curenților de scurtcircuit precum și liniile aeriene legate la rețele de cabluri, favorizează apariția acestor supratensiuni.

In studiul acestei probleme, se mai dau o serie de alte observații și propuneri pentru adoptarea unor criterii în legătură cu tratarea neutrului.

* * *

Trebue să menționăm necesitatea unei verificări experimentale relativ ușor de făcut, încercare ce ar putea contribui la o precizare a „reactanțelor de calcul" pentru acest caz și ar aduce, în același timp, certitudinea acestei noi explicații, atât de bogată în consecințe practice.

Noua explicație dată fenomenului din rețelele cu neutru izolat permite introducerea metodelor științifice în problemele de tratare a neutrului. Având în vedere importanța consecințelor acestei noi explicații, ar fi interesant dacă din cercul cititorilor specializați în astfel de probleme s'ar cerceta critic problema așa cum este pusă aci. Invităm deci atât pe inginerii electricieni din exploatare, cât și pe cei dela proiectare, să ne comunice părerile și ținem coloanele revistei noastre la dispoziție în vederea acestei examinări critice.

Din partea Redacției

★

ПРИЧИНА ДЛИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Резюме

Известно что сети с изолированной нейтралью являются местом опасных перенапряжений, объяснение которых до сих пор является неясным. В работе „Причины длительных перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью" инж. П. Димо проделанной в Энергетическом Институте Академии Р. Н. Р. в течении 1952 г. и изложенной вкратце здесь, дается новое объяснение явлений перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью: объяснение основанное на начале резонанса генераторов переменного тока на реактивных сопротивлениях постоянного режима, комбинированных с нелинейными изменениями нагрузок во время заземления одной фазы Новое объяснение повидимому проверяет сделанные в прошлом испытания и наблюдения в высоковольтных сетях и дает новое направление в вопросах рассмотрения нейтрали.

EXEMPLU DE CALCUL AL SUPRATENSIUNII PRELUNGITE

Ing. F. MANEA

Considerăm un caz real de funcționare al rețelei din figura 1.

Ca urmare a unor supratensiuni atmosferice, au declanșat întrerupătorii din A și B, linia de 60 kV L_1 și L_2 rămânând alimentată de G_1.

Transformatorul T_3 avea o bornă la tensiunea secundară, accidental pusă la pământ.

Drept consecință, s'a produs o supratensiune, care a distrus transformatorul T_3.

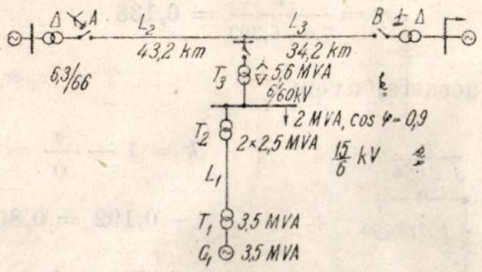


Fig. 1

Vom calcula supratensiunea prelungită pe baza noii interpretări a Ing. P. Dimo.

Calculul impedanțelor îl vom face în unități relative.

Luăm ca tensiune de bază tensiunea nominală a liniei L_1 și L_2, aleasă ca tensiune de referință, $U_b = 60$ kV.

Ca putere de bază, luăm puterea nominală a generatorului G_1, $S_b = 3{,}5$ MVA.

Rezultă o impedanță de bază $Z_b = \frac{U_b^2}{S_b} =$

$= 1\,030\ \Omega$.

Generatorul G_1 are o reactanță procentuală directă $\varepsilon_d = 140^0/_0$ și una inversă $\varepsilon_i = 20^0/_0$.

In unități relative, la tensiunea de referință, vom avea :

$$X_d = \frac{\varepsilon_d}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_n} \cdot \frac{S_b}{U_b^2} = \frac{140}{100} = 1{,}4$$

Analog,

$$X_i = \frac{\varepsilon_i}{100} = \frac{20}{100} = 0{,}2$$

Transformatorul T_1 de aceeași putere ca și generatorul cu tensiunea procentuală de scurt circuit $\varepsilon = 6\%$ are

$$X_{T_1} = \frac{6}{100} = 0{,}06$$

Linia L_1 de 15 kV are $R'_{L_1} = 4{,}1\ \Omega$ și $X'_{L_1} = 3{,}31\ \Omega$.

In unități relative, la tensiunea de referință, vom avea :

$$R_{L_1} = 4{,}1 \left(\frac{60}{15}\right)^2 \cdot \frac{1}{1\,030} = 0{,}0634$$

$$X_{L_1} = 3{,}31 \left(\frac{60}{15}\right)^2 \cdot \frac{1}{1\,300} = 0{,}0515.$$

Transformatorul T_2, de $2 \times 2{,}5$ MVA cu $\varepsilon = 4{,}56\%$ are

$$X_{T_2} = \frac{4{,}56}{100} \cdot \frac{3{,}5}{5} = 0{,}032.$$

Transformatorul T_3 de 5,6 MVA cu $\varepsilon = 8{,}5\%$ și $i_0 = 3^0/_0$ are

$$X_{T_3} = \frac{8{,}5}{100} \cdot \frac{3{,}5}{5{,}6} = 0{,}053$$

$$Y_0 = \frac{3}{100} \cdot \frac{5{,}6}{3{,}5} = 0{,}048.$$

Sarcina S de 2 MVA, cu $\cos \varphi = 0{,}8$, raportată la puterea de bază, devine :

$$S' = \frac{2}{3{,}5} (0{,}9 + j \cdot 0{,}436) = 0{,}513 + j \cdot 0{,}249.$$

Linia L_1 și L_2 este din Cu de secțiune 70 mm² pe stâlpi portal cu distanța între conductori de 4 m.

Reactanța sa directă se calculează cu formula :

$$X_d = 0{,}1445 \cdot \log \frac{Dmg}{r'}$$

unde Dmg este distanța medie geometrică,

$$Dmg = \sqrt[3]{4 \cdot 4 \cdot 8} = 5{,}04 \text{ m}$$

iar $r' = 0{,}779\, r$, r fiind raza conductorilor.

Se obține :

$$X_d = 0{,}1445 \log \frac{504}{0{,}779 \cdot 0{,}472} \simeq 0{,}45\ \Omega/\text{km}.$$

Capacitatea pentru secvența directă va fi

$$C_d = \frac{24{,}2 \cdot 10^{-9}}{\log \frac{Dmg}{r}} = \frac{24{,}2 \cdot 10^{-9}}{\log \frac{504}{0{,}472}} =$$

$$= 7{,}72 \cdot 10^{-9}\ \text{F/km}.$$

Pentru secvența homopolară, vom avea

$X_h = 0{,}435 \cdot \log \frac{De}{\gamma_{mg}}$ unde De depinde de sol ; vom lua $De = 1\,000$

$$\gamma_{mg} = \sqrt[3]{Dmg \cdot r} = \sqrt[3]{5{,}04^2 \cdot 4{,}72 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 0{,}494 \text{ m}$$

cu aceasta,

$$X_h = 0{,}435 \cdot \log \frac{1\,000}{0{,}494} = 1{,}46\ \Omega/\text{km}.$$

Capacitatea

$$c_h = \frac{24{,}2 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot \log \frac{2h}{pmg}} = \frac{24{,}2 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot \log \frac{2 \cdot 8{,}5}{0{,}494}} =$$

$$= 5{,}25 \cdot 10^{-9}\ \text{F/km}$$

Cu acestea, obținem pentru întreaga linie, în unități relative :

$$X_{d_2} = \frac{0{,}45 \cdot 43{,}2}{1030} = \frac{19{,}5}{1030} = 0{,}0189$$

$$R_2 = \frac{0{,}255 \cdot 43{,}2}{1030} = 0{,}0102$$

$$X_{d_3} = 0{,}015$$

$$R_3 = 0{,}0082$$

$$X_{h_2} = \frac{1{,}46 \ 43{,}2}{1030} = 0{,}0612$$

$$X_{h_3} = 0{,}0485$$

$$\frac{Y_{d_2}}{2} = 7{,}72 \cdot 10^{-9} \cdot 314 \cdot \frac{43{,}2}{2} \cdot 1030 = 0{,}054$$

$$\frac{Y_{d_3}}{2} = 0{,}043$$

$$\frac{Y_{h_2}}{2} = 0{,}0368$$

$$\frac{Y_{h_3}}{2} = 0{,}029$$

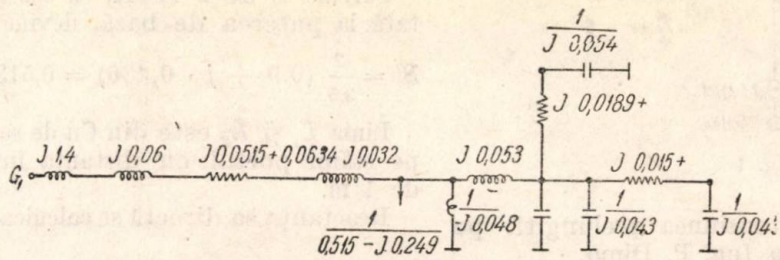


Fig. 2

Cu acestea, se poate trece la alcătuirea schemelor de secvență.

In figura 2 este arătată schema de secvență directă.

Aceasta se simplifică ca mai jos (fig. 3).

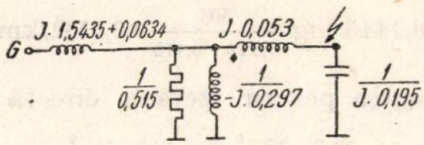


Fig. 3

Considerând tensiunea în punctul unde va apare defectul $U = 1$, se găsește pentru forța electromotoare, în urma reactanței sincrone :

$$E = 1{,}2 + j \cdot 0{,}78 = 1{,}43 \cdot \underline{|33°}$$

Pentru secvența inversă, obținem analog schema din figura 4.

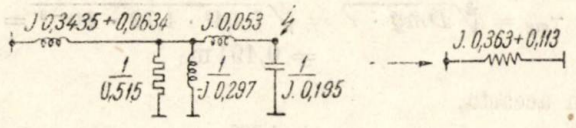


Fig. 4

Pentru secvența homopolară, avem ca în figura 5.

Reunind schemele de secvență (seria), obținem funcționarea cu punere la pământ ca în figura 6.

Cu ajutorul schemei de secvență directă, se găsește puterea de scurt circuit trifazat :

$$Q = = 0{,}72$$

Schemele inversă și monopolară introduc o putere suplimentară, care la tensiunea directă egală cu unitatea, este :

$$q = \frac{1}{7{,}6 - 0{,}363} = 0{,}138.$$

Cu aceasta, avem :

$$k = 1 - \frac{q}{Q} = 1 - \\ - 0{,}192 = 0{,}808.$$

Aplicăm formula,

$$U_d^2 = \frac{1 + \sqrt{1 - k^2 \sin^2 2\delta}}{2k^2 \cdot \cos^2 \delta},$$

δ fiind unghiul forței electromotoare în funcționare normală față de tensiunea din locul în care va apare punerea la pământ.

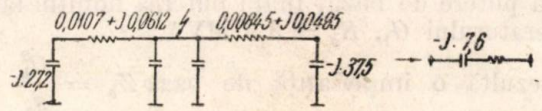


Fig. 5

Aici, $\delta = 33°$.

Se obține $U_d = 1{,}23$

$$U_l \simeq \frac{1{,}23 \cdot \sqrt{0{,}363^2 + 0{,}113^2}}{7{,}6 - 0{,}363} = 0{,}0645$$

$$U_h \simeq \frac{1{,}23 \cdot 7{,}6}{7{,}6 - 0{,}363} = 1{,}29.$$

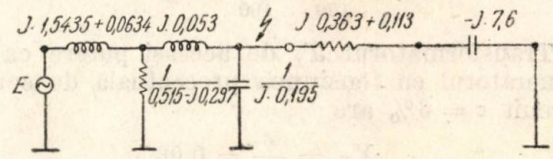


Fig. 6

Rezultă apoi, grafic sau analitic, supratensiunea prelungită raportată la tensiunea simplă nominală

$$U_{12} = U_{13} = 2{,}19$$

$$U_{23} = 2{,}08.$$

SUPRATENSIUNI DE ORIGINE INTERNĂ ÎN REȚELELE ELECTRICE ȘI MĂSURILE DE PROTECȚIE

Ing. E. POTOLEA

Autorul examinează supratensiunile de origine internă în rețelele electrice și cauzele care le produc; arată metodele principale ce pot fi folosite pentru evitarea lor; studiază supratensiunile datorite fenomenului de rezonanță și măsurile de protecție.

In rețelele electrice de transport și distribuție intervin adesea diferite regimuri de funcționare cu sau fără defect, care au drept consecință solicitarea instalațiilor prin supraintensități sau supratensiuni. Problema supratensiunilor, legată direct de aceea a dimensionării izolației, capătă o importanță deosebită atât prin consecințele ei economice, cât și din punct de vedere al siguranței exploatării.

Prin supratensiuni se înțeleg acele diferențe de potențial care apar în circuitele electrice ca urmare a diferitelor perturbații și care sunt în măsură să pericliteze izolația. Se disting două feluri de supratensiuni și anume:

a) *supratensiuni transversale*, care constau într'o ridicare anormală a potențialului unei porțiuni de circuit în raport cu pământul (sau cu masa mașinilor pusă în general la pământ), sau în raport cu alt circuit (diferența de potențial între doi conductori);

b) *supratensiuni longitudinale*, care constau într'o creștere a diferenței de potențial între 2 puncte vecine ale aceluiași conductor, între care tensiunea normală este în general fără importanță.

Aceste două feluri de supratensiuni pot exista simultan sau separat; se poate întâmpla ca potențialul unui circuit să se ridice în toate punctele fără a prezenta diferențe importante între punctele vecine, sau se poate ca diferențe de potențial importante să se producă între punctele vecine fără ca potențialul circuitului față de pământ să atingă în vreun punct o valoare exagerată.

Supratensiunile transversale pot provoca o descărcare în formă de scântei sau arc electric prin dielectricul ce le separă. Supratensiunile longitudinale nu produc efecte dăunătoare pe liniile aeriene, în schimb sunt extrem de periculoase pentru mașinile și aparatele ce conțin înfășurări. Intre spirele înfășurărilor, apar la început mici fisuri care cu timpul se agravează; apare astfel arcul electric ce distruge complect izolația mașinii sau aparatului respectiv.

Calculul supratensiunilor transversale și longitudinale se face, în general, considerând circuitele cu constantele uniform repartizate și utilizând ecuațiile de propagare.

Dacă se urmărește numai calculul supratensiunilor transversale, atunci circuitele se consideră cu constantele concentrate, astfel că studiul fenomenului de propagare este înlocuit prin calculul unui regim tranzitoriu și al unui regim permanent.

Supratensiunile ce apar în rețelele electrice pot fi împărțite în două mari grupe, după natura cauzelor ce le produc:

1) supratensiuni de origine internă (de comutație);

2) supratensiuni de origine externă (atmosferice).

Examinarea detailată a acestor cauze dă posibilitatea să se găsească metodele pentru evitarea supratensiunilor sau, de cele mai multe ori, pentru limitarea lor; se ajunge prin această examinare la o dimensionare a izolației la un nivel cât mai scăzut și deci cât mai economic.

1. SUPRATENSIUNI DE ORIGINE INTERNĂ

Supratensiunile de origine internă sau de comutație iau naștere ca rezultat al fenomenelor ce apar atunci când, dintr'un motiv oarecare, se produce o schimbare în caracteristicile rețelei. Ele sunt deosebit de periculoase atât pentru linii (supratensiuni transversale,) cât și pentru mașini (supratensiuni transversale și longitudinale) mai ales datorite supratensiunilor transversale ce apar și deaceea calculul lor poate fi făcut considerând circuitele cu constantele concentrate.

Orice rețea electrică trifazată în funcționarea normală poate fi considerată ca fiind formată dintr'o serie de elemente trifazate perfect simetrice (generatori, transformatori, linii, consumatori). Trecerea dela un regim normal de funcționare la un alt regim normal sau cu defect poate fi studiată pe baza schemelor echivalente, construite pentru calculul prin metoda componentelor simetrice *).

Cele trei rețele de secvență directă, inversă și homopolară, se conectează între ele în mod deosebit după natura defectului sau nesimetriei, ce se studiază obținându-se astfel schema echivalentă. (fig. 1).

In figura 2 *a*, este prezentată schema echivalentă pentru trecerea dela un regim de funcționare simetric la un alt regim tot simetric Intrerupătorul *1* conectează sau deconectează o anumită sarcină simetrică. In figura 2 *b*, este prezentată schema echivalentă pentru trecerea dela un regim de funcționare simetric la un alt regim nesimetric cu o fază pusă la pământ. Intreruptorul *2* interpretează contactul ce se stabilește sau se elimină între o fază și pământ.

*) In aceste scheme, s'a reprezentat consumatorul sau sarcina printr'o impedanță constantă (independentă de valoarea tensiunii aplicate), ceeace nu este totdeauna valabil.

Trecerea dela un regim la altul poate fi însoţită de următoarele fenomene ce produc supratensiuni :

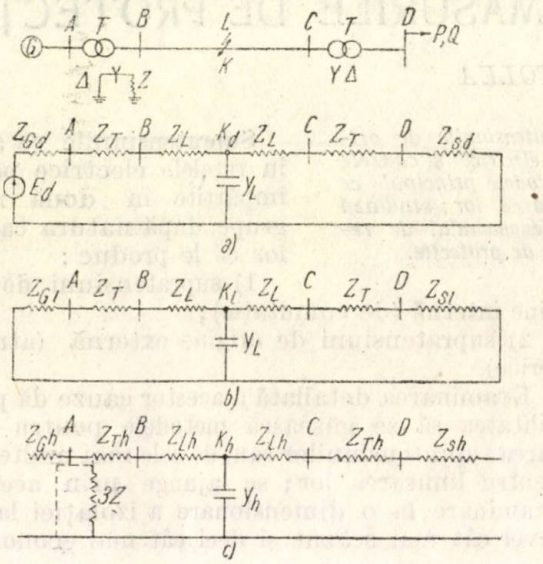


Fig. 1

a) fenomenul tranzitoriu inevitabil la orice schimbare bruscă a caracteristicilor unor reţele conţinând inductanţe şi capacităţi ;

b) arcul electric ce însoţeşte de cele mai multe ori procesele de comutaţie şi apare între

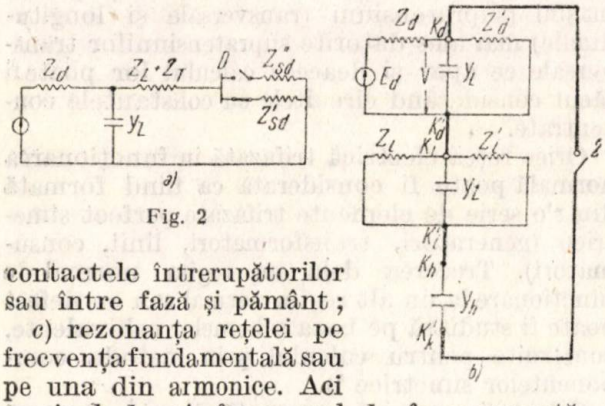


Fig. 2

contactele întrerupătorilor sau între fază şi pământ ;

c) rezonanţa reţelei pe frecvenţa fundamentală sau pe una din armonice. Aci se include şi fenomenul de ferorezonanţă.

1.1 **Fenomenul tranzitoriu.** Supratensiunile datorite procesului tranzitoriu nu ating în general valori periculoase şi — în afară de aceasta — au numai un caracter momentan. Ele pot să apară întotdeauna la deconectarea unei sarcini active mari sau inductive mici, precum şi la conectarea unei sarcini capacitive mari.

In exploatarea reţelelor electrice, se constată aceste supratensiuni la deconectarea redresorilor cu mercur sau a cuptoarelor cu arc electric (sarcini active mari), la deconectarea transformatorilor în gol (sarcină inductivă mică), la conectarea unei linii în gol (sarcină capacitivă mare), etc.

1.2. **Arcul electric.** Arcul electric este o descărcare independentă într'un interval de gaz şi apare ca urmare a descărcării sub formă de scânteie.

Descărcarea în scânteie poate fi considerată ca o străpungere electrică a intervalului de gaz, ca o creştere în formă de avalanşă a numărului de ioni care formează un canal conductor. Creşterea în continuare a avalanşelor face ca scânteia să se tranforme în arc.

Arcul electric, odată format, se comportă ca un conductor de mică rezistenţă, având o valoare ce poate fi exprimată prin formula empirică :

$$\rho = \frac{a}{i} + \frac{b}{i^2}, \qquad (1)$$

în care *a* şi *b* sunt constante.

Când curentul de alimentare a arcului descreşte sub limita de circa 5 A, atunci ionizările ce se produc în intervalul de descărcare sunt insuficiente, recombinările sunt mai intense, astfel încât rigiditatea intervalului se reface şi arcul se rupe.

Presupunând că arcul electric a apărut dintr'o cauză oarecare la bornele unui interval, căruia i se aplică o tensiune alternativă, rezultă că el se va stinge la trecerea curentului prin zero. Reaprinderea lui în sens invers va depinde de viteza de refacere a rigidităţii electrice (tensiunea de reaprindere) şi de viteza de revenire a tensiunii la bornele intervalului (tensiunea de restabilire).

Tensiunea de reaprindere depinde în mare măsură de condiţiile de temperatură şi presiune în care lucrează arcul. Studiile efectuate asupra unui arc de curent alternativ funcţionând în aer între electrozi metalici, au arătat că — imediat după trecerea curentului prin zero — o pătură subţire de gaz aderentă la catodul rece (inactiv din punct de vedere termoionic) se deionizează aproape complect şi capătă astfel instantaneu o oarecare rigiditate electrică (tensiunea de străpungere este aproximativ 250 V). Restul intervalului se deionizează mai lent şi tensiunea de străpungere creşte dela 250 V la 550 V în 200μ s în aer cald la presiune normală. In cazul arcului lung, ce se întâlneşte în reţelele electrice *), un rol deosebit în refacerea rigidităţii electrice îl are efectul de suflaj magnetic, datorită căruia arcul este întins şi apoi rupt.

Tensiunea de restabilire depinde de caracteristicele circuitului ce alimentează arcul.

In legătură cu problema supratensiunilor, este necesar să se considere două cazuri distincte care duc la manifestări diferite ale arcului alimentat în curent alternativ.

I. Arc alimentat de un curent inductiv. Arcul electric apare întotdeauna la contactele unui întrerupător ce încearcă să taie un curent inductiv. La trecerea curentului prin zero, arcul se stinge şi poate să rămână definitiv stins numai dacă tensiunea de restabilire nu capătă valori importante. După schema din figura 3 *a*, rezultă că — imediat după stingerea arcului — tensiunea la bornele *a b*

*) Se consideră arc scurt un arc, a cărui rigiditate dielectrică se identifică cu cea a stratului catodic deionizat lungimea sa este de câţiva milimetri.

Se consideră arc lung un arc ce depăşeşte câţiva milimetri.

capătă valoarea V_m corespunzătoare funcționării normale a circuitului *1*.

In realitate, datorită unei capacități inevitabile ce există între bornele *a b*, tensiunea V_m nu se stabilește imediat, ci tinde progresiv către această valoare; dacă arcul nu se reaprinde, tensiunea la bornele intervalului depășește V_m, trece printr'un maxim și execută o serie de oscilații caracteristice unui circuit cu inductanță și capacitate. In acest timp, canalul arcului stins se deionizează progresiv, iar dacă tensiunea de restabilire ce depășește cu mult V_m devine la un moment dat mai mare decât tensiunea de reaprindere, atunci arcul se reaprinde. In cazul unei funcționări defectuoase a întrerupătorilor, reaprinderea arcului se poate produce la fiecare jumătate de perioadă, producându-se astfel șocuri de supratensiune datorite valorilor importante pe care le capătă tensiunea de restabilire.

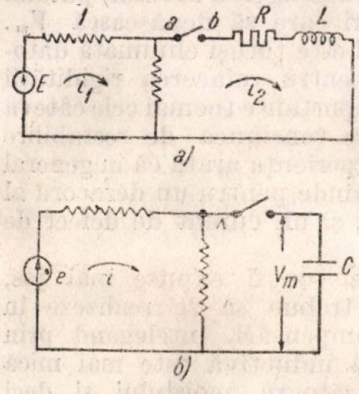


Fig. 3

Evitarea acestor supratensiuni se realizează prin perfecționarea întrerupătorilor, astfel încât să nu se permită reaprinderea arcului decât de 2 sau 3 ori, după care tensiunea de reaprindere devine superioară tensiunii de restabilire și arcul rămâne definitiv stins. In felul acesta, tăierea unui circuit de curent alternativ printr'un întrerupător este rezultatul unei curse de viteză între două procese de restabilire : rigiditatea dielectrică și tensiunea la bornele intervalului.

II. Arc alimentat de un curent capacitiv. Această situație poate să apară atunci când întrerupătorul taie o sarcină capacitivă, sau când o fază a unei rețele cu neutrul izolat se pune accidental la pământ.

Presupunând că întreruperea circuitului sau stingerea arcului se produce în momentul când curentul trece prin zero, rezultă că pe condensatorul *c* vor rămâne sarcini electrice corespunzătoare tensiunii maxime V_m din momentul când $i = 0$. După trecerea unei jumătăți de perioadă, tensiunea produsă de generator se inversează, astfel că la bornele intervalului de descărcare apare o supratensiune $2\ V_m$. Dacă în decursul jumătății de perioadă deionizarea intervalului nu s'a făcut destul de activ, este posibil să se amorseze din nou arcul electric.

Supratensiunile ce iau naștere în rețea pot căpăta valori apreciabile, datorită descărcării oscilante a condensatorului *c* în momentul amorsării arcului. Astfel, în primul moment, supratensiunea atinge $3\ V_m$, deoarece condensatorul se descarcă în serie cu forța electromotoare. Ea poate să depășească această valoare dacă se ține seama de procesul tranzitoriu ce urmează și datorită căruia condensatorul se încarcă la momentul când $i = 0$ sub o tensiune $V_m > V_m$. Următoarea descărcare va produce o nouă creștere a supratensiunii, care tinde către o valoare limită teoretică (se neglijează rezistențele).

Experiența a arătat că — în cazul întreruperii unor sarcini capacitive — supratensiunea maximă ce apare între contacte este în jurul lui $4\ V_m$. Evitarea reaprinderii repetate a arcului în întrerupător se realizează prin perfecționarea acestuia, mărind viteze de deplasare a contactelor și distanța disruptivă.

Raritatea supratensiunilor ce depășesc $4\ V_m$ permite să se accepte ca distanța disruptivă să fie dimensionată pentru valori eficace de ordinul $4\ V_m$.

In cazul punerii la pământ a unei faze dintr'o rețea cu neutrul izolat, s'a constatat uneori apariția unor supratensiuni a fazelor sănătoase având valori în jurul lui $4\ V_m$ și chiar $4{,}5\ V_m$. Explicarea acestor „supratensiuni prelungite" a fost dată de unii autori pe baza arcului intermitent (aprinderea și stingerea repetată a arcului), ce poate să apară într'un interval alimentat de un curent capacitiv. S'a presupus că stingerea arcului se produce la trecerea prin zero a curentului rezultant (curentul permanent plus curentul tranzitoriu), iar reaprinderea în momentul când tensiunea aplicată intervalului este maximă. In felul acesta, se poate ajunge la o supratensiune teoretică (se neglijează rezistențele) de $7{,}5\ V_m$.

Calculul exact al acestor supratensiuni, ținând seama de amortizarea oscilațiilor, s'a făcut în cadrul Institutului de Energetică utilizând schema echivalentă, din figura 2 *b*. Calculele, efectuate asupra unor rețele de 5 kV, 35 kV și 60 kV în cablu și aeriene funcționând sub sarcină, au arătat că numai în cazuri foarte rare supratensiunile ajung la valori de ordinul $3{,}5\ V_m$.

Dacă se ia în considerație că ipotezele, în care s'a calculat reaprinderea arcului atunci când tensiunea aplicată este maximă și stingerea lui atunci când curentul rezultant trece prin zero, nu se realizează întocmai, atunci rezultă o nouă reducere a supratensiunilor. Ținând seama de condițiile reale de aprindere și stingere a arcului, valoarea supratensiunilor rămâne în general în jurul lui $3\ V_m$ după cum arată C. M. Djuvarl *).

Din cele de mai sus, se poate trage concluzia că explicarea „supratensiunilor prelungite" pe baza arcului intermitent nu este suficientă.

Ceeace rămâne sigur este faptul că aceste supratensiuni prelungite apar întotdeauna în cazul punerilor la pământ și deaceea evitarea lor se poate realiza prin eliminarea punerilor la pământ. Deoarece majoritatea punerilor la pământ se produc accidental printr'un arc

*) *Djuvarl C. M.* Asupra teoriei supratensiunilor datorite punerii la pământ prin arc în rețelele cu neutrul izolat Electricestvo, Nr. 6, 1953.

electric, este necesar să se creeze condițiile pentru stingerea acestui arc.

Stingerea arcului de punere la pământ se realizează influențând atât asupra tensiunii de reaprindere, cât și asupra tensiunii de restabilire.

Valoarea tensiunii de reaprinderc depinde, într'o mare măsură, de valoarea anterioară pe care a avut-o curentul. Se poate considera că — în cazul când puterea sursei de alimentare este insuficientă pentru a alimenta arcul cu un curent de minimum 5 A — *rigiditatea* dielectrică se reface și arcul se stinge. Dacă tensiunea de restabilire depășește tensiunea de străpungere a intervalului regenerat, atunci vor lua naștere o serie de descărcări sub formă de scântei, care nu se pot transforma în descărcarea sub formă de arc. Acest caz se întâmplă foarte rar, deoarece tensiunea de străpungere a intervalului este de cele mai multe ori foarte mare față de tensiunea la bornele intervalului, astfel că intervalul — odată regenerat — nu mai poate fi străpuns în mod normal. Rezultă de aci că o metodă de stingere a arcului este limitarea curentului de alimentare la valori sub 5 A.

Dacă curentul depășește 5 A, atunci stingerea sau reaprinderea arcului depinde de cursa de viteză între tensiunea de reaprindere și cea de restabilire. Experiența arată că — în cazul alimentării unui arc cu un curent alternativ de intensitate 40—50 A și frecvență 50 Hz — tensiunea de restabilire întrece pe cea de reaprindere chiar după primul moment al trecerii curentului prin zero, astfel încât arcul se reaprinde imediat în sens invers și nu mai poate fi considerat intermitent.

Valoarea tensiunii de restabilire depinde în mare măsură de caracteristicile ramurii pe care este situat arcul. In figura 2 *b*, această ramură conectată la bornele K_d K_d este formată din rețeaua inversă în serie cu rețeaua homopolară (o simplă capacitate). Caracteristicile rețelei de secvență inversă nu pot fi modificate decât în limite restrânse, în schimb cele ale rețelei homopolare pot fi modificate în limite largi prin tratarea neutrului.

Pentru evitarea supratensiunilor ce apar în cazul punerilor la pământ, se pot imagina trei metode principial diferite, cu toate că sunt în legătură cu aceeași problemă a tratării neutrului.

a) *Punerea la pământ prin bobină de stingere.* In cazul ideal când bobina de stingere este acordată cu capacitatea homopolară, iar rezistențele pot fi neglijate, rețeua homopolară joacă rolul unui circuit bușon, care reduce la zero valoarea curentului de defect și deci arcul este „suflat". In afară de suflajul arcului datorită limitării curentului, se realizează totodată și reducerea la zero a tensiunii de restabilire. Intr'adevăr, după stingerea arcului, energia înmagazinată în capacitate trece în inductanță și apoi invers într'un proces oscilatoriu de aceeași pulsație cu pulsația rețelei, astfel încât diferența de potențial la bornele intervalului de descărcare rămâne zero.

In cazul real, nu se realizează un acord perfect al bobinei, curentul de defect păstrează o anumită valoare, iar oscilațiile din circuitul homopolar nu se produc la frecvența rețelei, astfel încât tensiunea de restabilire crește lent numai un timp scurt (aproximativ în primul sfert de perioadă după stingerea arcului) putând apoi să capete valori care să depășească V_m. Reaprinderea arcului este totuși eliminată datorită faptului că — pentru refacerea rigidității dielectrice — sunt importante tocmai cele câteva microsecunde în care tensiunea de restabilire crește foarte lent. Experiența arată că în general arcul nu se mai reaprinde pentru un dezacord al bobinei de 10—15% și un curent de defect de aproximativ 30 A.

Pentru motive ce vor fi expuse mai jos, dezacordul bobinei trebue să se realizeze în sensul unei supracompensări, înțelegând prin aceasta că reactanța inductivă este mai mică decât cea corespunzătoare acordului și deci curentul rezultant în defect este inductiv In paragraful 1.3, se va arăta că — pentru evitarea unor supratensiuni de rezonanță — este necesar ca bobina să fie construită cu circuit magnetic saturat.

Dezacordarea bobinei este impusă de împrejurarea că la funcționarea în regim normal fără defect, punctul neutru al rețelei capătă un anumit potențial datorită nesimetriei inevitabile a admitanțelor. Dacă se notează V_N potențialul punctului neutru la funcționarea normală fără bobină de stingere și cu V_0 potențialul punctului neutru la funcționarea normală cu bobină de stingere, atunci se poate scrie relația :

$$\frac{\overline{V}_0}{\overline{V}_N} = \frac{\overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 + \overline{Y}_3}{\overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 + \overline{Y}_3 + \overline{Y}_0} \qquad (2)$$

în care s'a notat cu $\overline{Y}_1$, $\overline{Y}_2$, $\overline{Y}_3$, admitanțele fazelor și cu $\overline{Y}_0$ admitanța bobinei.

Din ecuația (2) se obține :

$$\frac{V_0}{V_N} = \frac{I_C}{\sqrt{(I_L - I_C)^2 + I_R^2}} \qquad (3)$$

în care :

I_L este curentul inductiv în bobină ;
I_C — curentul capacitiv în bobină ;
I_R — curentul activ corespunzător pierderilor în bobină și prin conductibilitățile rețelei.

Considerând că bobina de stingere este perfect acordată ($I_L = I_C$) rezultă :

$$V_0 = \frac{I_C}{I_R} V_N . \qquad (4)$$

Se constată că în cazul teoretic (se neglijează pierderile active), potențialul punctului neutru poate căpăta valori nelimitate. In mod practic, datorită pierderilor inevitabile existente în rețea, se poate considera :

$$V_0 = (10 \ldots 20)\ V_N \qquad (5)$$

Valoarea lui V_0 poate să crească şi mai mult în cazul unor pierderi mici, conducând astfel la tensiuni inadmisibile ale punctului neutru, la funcţionarea fără defect. Dezacordând bobina la funcţionarea normală cu 20—25%, se realizează limitarea acestor supratensiuni la valori în jurul lui :

$$V_0 = 5\ V_N, \tag{6}$$

ceeace este acceptabil.

Necesitatea dezacordării bobinei *) la funcţionarea fără defect în sensul unei supracompensări a curentului capacitiv, (domină curentul inductiv) este impusă de faptul că — prin variaţia frecvenţei reţelei în sensul scăderii ei — se evită pericolul de a cădea din nou peste rezonanţă. In cazul unei subcompensări, este suficientă o scădere a frecvenţei numai cu 4% (48 Hz) pentru ca dezacordul să ajungă la numai 16%, ceeace înseamnă o apropiere prea mare de condiţiile de rezonanţă.

b) *Punerea directă la pământ.* Defectul accidental de punere la pământ este transformat într'un scurtcircuit monofazat, încât curentul ce alimentează arcul depăşeşte cu mult 40 — 50 A.

Arcul se reaprinde imediat după trecerea curentului prin zero ; se spune că arcul este permanent.

c) *Punerea la pământ prin rezistenţă.* In reţelele cu neutrul izolat, tensiunea de restabilire la bornele intervalului de descărcare, capătă după o jumătate de perioadă valoarea 2 V_m, datorită faptului că capacitatea C_h rămâne încărcată. Dacă această capacitate se conectează în paralel cu o rezistenţă convenabilă, atunci — în urma descărcării rapide, aperiodice, tensiunea de restabilire rămâne în jurul valorii V_m şi arcul nu se reaprinde pentru o valoare a curentului de defect, sub aproximativ 40 A. Chiar atunci când arcul se reaprinde, supratensiunile ce se nasc nu mai sunt la fel de periculoase, deoarece condensatorul este aproape descărcat în momentul reaprinderii.

Dacă condiţia de limitare a curentului sub 40 A, conduce la introducerea unei rezistenţe prea mari, este posibil ca descărcarea condensatorului să nu se facă suficient de rapid, astfel că arcul se reaprinde conducând la supratensiuni periculoase.

Fiecare din metodele de tratare a neutrului expuse mai sus conduc la evitarea sau limitarea supratensiunilor. Alegerea uneia din aceste metode pentru tratarea punctului neutru al unei reţele anumite este o problemă mai complexă, în care trebue să se ţină seama de o serie de avantaje care nu au fost menţionate. La sfârşitul acestui articol, se vor face o serie de recomandări în legătură cu tratarea neutrului pentru diferite reţele aeriene şi subterane.

1.3. **Supratensiuni datorite rezonanţei.** Intotdeauna, când pulsaţia proprie a unui circuit format dintr'o inductanţă, o capacitate şi o rezistenţă neglijabilă corespunde cu pulsaţia sursei de alimentare,

$$\omega_{sursă} = \omega_{proprie} = \frac{1}{\sqrt{L.C.}} \tag{7}$$

se produc creşteri exagerate ale curenţilor şi tensiunilor la bornele inductanţei şi capacităţii. Rezonanţa poate să se producă pentru oricare din armonici în cazul când sursa le conţine. Dintre armonicele ce pot să apară în reţelele electrice, o importanţă deosebită capătă numai armonica trei, creată în înfăşurările transformatoarelor cu circuit magnetic saturat.

Prezenţa circuitelor magnetice cu fier saturat poate provoca apariţia fenomenului de ferorezonanţă.

a) *Rezonanţa pe fundamentală.* Pentru calculul exact al supratensiunilor de rezonanţă, este necesar să se treacă la evaluarea inductanţelor şi capacităţilor ce apar în fiecare caz concret, deoarece în mod principial fiecare din circuitele schemelor din figura 2 pot deveni rezonante. Totuşi ţinând seama de unele valori uzuale pe care le pot căpăta aceşti parametri, este posibil să se dea indicaţii asupra situaţiilor în care apare rezonanţa şi care trebue deci evitate.

In schema funcţionării normale din figura 2, apariţia rezonanţei este puţin probabilă, din cauza valorilor mari ale reactanţelor capacitive în comparaţie cu cele inductive. Ea poate să apară numai în cazuri excepţionale, când un generator de mică putere (reactanţă inductivă mare) alimentează linii în gol de lungimi considerabile (reactanţă capacitivă mică). Evitarea acestei situaţii, care nu poate fi considerată normală se realizează prin decuplarea unor linii sau cuplarea unor generatori în paralel.

In schema funcţionării cu defect (fig. 2 *b*), se observă că totul revine la a introduce între bornele K_a K'_a o impedanţă Z, rezultanta circuitelor de secvenţă inversă şi homopolară conectate în serie. Presupunând că în schema iniţială a reţelei fără defect (în gol sau în sarcină) rezonanţa nu apare, urmează că ea nu poate să apară nici în cazul când impedanţa Z este inductivă ($R + jx$), în schimb dacă împedanţa Z are o componentă capacitivă ($R—jx$) suficient de mare, este posibil ca rezonanţă să apară.

Făcând unele evaluări şi aproximaţii, se poate constata că rezultanta Z capătă o componentă capacitivă suficient de mare numai în cazul reţelelor cu neutrul izolat. Supratensiunile de rezonanţă ce apar au un caracter de durată, iar valoarea lor depinde în mare măsură de natura şi mărimea sarcinii, fiind mult reduse în cazul sarcinilor mari. Calculul exact al acestor supratensiuni s'a făcut pentru o serie de cazuri concrete în cadrul Institutului de Energetică *) şi a condus la valori ce ajung până la 3 şi

*) *Pritula A.*, ing. : Acordarea bobinei de stingere în reţelele de 35 kV, Electriceschie Stanţii, Nr. 6, 1950.

*) *Dimo P.*, ing. : Cauza supratensiunilor prelungite în reţelele cu neutrul izolat. *Manea F.*, ing. : Verificarea prin calcul a supratensiunilor prelungite în ipoteza rezonanţei.

3,5 V_m. Ing. P. Dimo, a emis ipoteza, ce s'a verificat într'o serie de cazuri, că supratensiunile prelungite ce apar în reţelele cu neutrul izolat se datoresc acestui fenomen de rezonanţă.

In cele de mai sus, am examinat apariţia rezonanţei în schema echivalentă a unei puneri

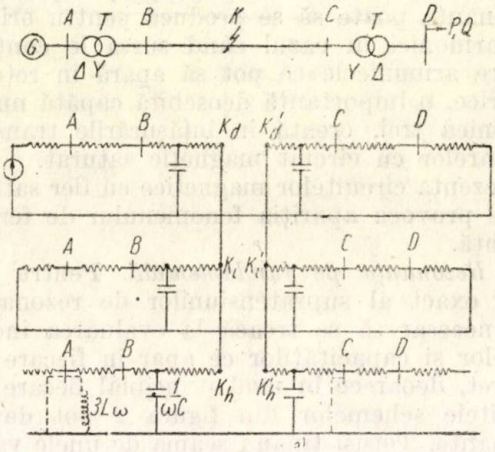
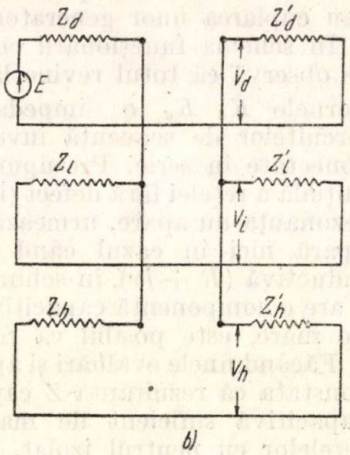


Fig. 4 *a*

la pământ. Acesta nu este însă singurul caz de funcţionare cu defect, care ar putea conduce la rezonanţă. La fel de periculos este cazul unei întreruperi pe o fază, provocată, de exemplu, de ruperea unui conductor, ale cărui capete rămân izolate faţă de pământ (pământ pietros).

Din schema echivalentă a întreruperii pe o fază (fig. 4 *a*), se constată uşor că singurul circuit în care poate să apară rezonanţa, este cel format de reţeaua homopolară în cazul punerii la pământ prin reactanţă. Dacă întreruperea se produce în capătul *C*, atunci inductanţa şi capacitatea sunt alimentate în paralel de o sursă de tensiune astfel că rezonanţa curenţilor nu apare. Dacă întreruperea se produce în capătul *B*, atunci inductanţa şi capacitatea sunt alimentate în serie şi rezonanţa tensiunilor poate să apară. Un fenomen analog de rezonanţă-serie poate să apară şi la funcţionarea în regim normal pe o linie având capacităţile fazelor faţă de pământ neegale. Evitarea supratensiunilor în aceste cazuri se realizează construind bobine de punere la pământ cu circuit magnetic saturat.



b)

Fig. 4 *b*

Datorită alurei curbei de saturaţie se observă că la o creştere considerabilă a curentului prin bobină, tensiunea la bornele ei rămâne în limite acceptabile. Punctul de funcţionare se alege astfel încât reactanţa de mers în gol să fie de ordinul 140% din reactanţa sub curentul normal de defect.

Trebue remarcat că în cazul întreruperii unei faze se poate ca tensiunea inversă la bornele consumatorului să devină mai mare decât cea directă, provocând aşa numitul fenomen al inversiunii fazelor. Transfigurând schema din figura 4 *a* sub forma din figura 4 *b*, condiţia de inversiune a fazelor se deduce uşor :

$$\frac{V_i}{V_d} = \left[\frac{Z'_d}{Z'_i}\left(1 + \frac{Z_i}{Z_h} + \frac{Z'_i}{Z'_h}\right)\right] > 1. \qquad (8)$$

Inversiunea fazelor poate provoca inversiunea sensului de rotaţie al motoarelor, ceeace este deosebit de periculos. Trebue menţionat însă că fenomenul acesta nu apare decât în cazuri extrem de rare şi se atenuează uşor prin prezenţa unei sarcini active destul de mici.

b) *Rezonanţa pe armonica 3.* Se ştie că — datorită alurei curbei de magnetizare în transformatorii YY cu flux forţat — apare un flux armonică trei, care nefiind compensat — crează forţe electromotoare de armonică trei.

Aceste forţe electromotoare de armonică trei constitue un sistem homopolar, astfel că ele nu pot provoca o circulaţie de curenţi într'o linie cu neutrul izolat în funcţionare normală, ci are drept rezultat numai o oscilaţie a punctului neutru. In cazul tratării punctului neutru, forţele electromotoare de armonică trei vor da naştere unui sistem homolpolar de curenţi, a căror valoare depinde de parametrii circuitelor, calculaţi la pulsaţia 3 ω. Făcând o analiză, la fel ca la paragraful precedent, este posibil să se constate care sunt cazurile mai periculoase. Se constată însă că —chiar în cazul rezonanţei— valorile supratensiunilor nu depăşesc mult tensiunea nominală, datorită rezistenţelor ce limitează amplitudinile oscilaţiilor.

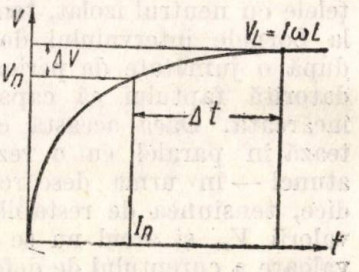


Fig. 5

Pentru eliminarea oscilaţiilor punctului neutru, se pot utiliza două metode şi anume : tratarea punctului neutru sau introducerea unei înfăşurări auxiliare în scurtcircuit, prin care se realizează compensarea fluxului armonică trei.

c) *Ferorezonanţă.* In circuitele electrice, care conţin bobine cu miez de fier funcţionând aproape de saturaţie, fenomenul de rezonanţă capătă un aspect particular, ducând la o variaţie prin salt a tensiunilor şi curenţilor. Ferorezonanţa apare atât la conectarea în paralel, cât şi la conectarea în serie a unei capacităţi cu o

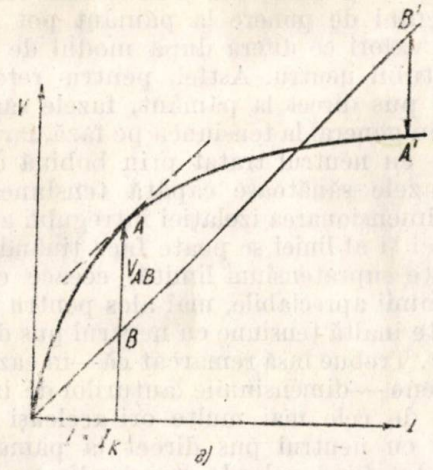
inductanță, a cărei valoare pentru curenți mici este astfel încât :

$$\omega L > \frac{1}{\omega C}. \qquad (9)$$

Dacă L și C sunt în serie, atunci reprezentând separat caracteristicile :

$$\left.\begin{aligned} V_C &= I\omega L \\ V_C &= I\frac{I}{\omega C} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

se obțin curbele din figura 6 *a*.



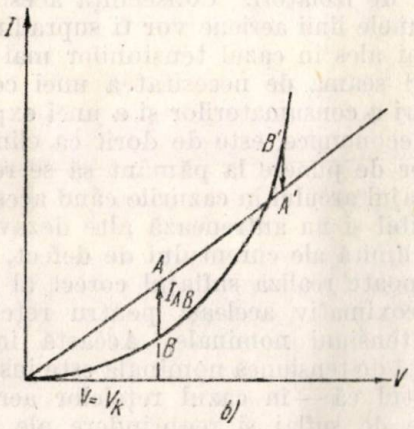


Fig. 6

Ducând dreapata I = const. se determină tensiunile repartizate pe inductanță și pe capacitate V_L și V_C, precum și tensiunea aplicată $V_L - V_C$. Curentul este la început inductiv și crește dela zero la I_K, odată cu creșterea tensiunii aplicate dela zero la V_{AB}.

Crescând mai departe tensiunea aplicată, punctul de funcționare sare în $A'B'$. Tensiunile V_L și V_C cresc brusc, iar curentul devine capacitiv.

Dacă L și C sunt în paralel, atunci reprezentând separat caracteristicile

$$\left.\begin{aligned} I_L &= \frac{V}{\omega L} \\ I_C &= V \cdot \omega C \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

se obțin curbele din figura 6 *b*.

Ducând dreapta V = const. se determină curenții ce circulă în inductanță și capacitate I_L și I_C, precum și curentul total $I_L - I_C$.

Curentul total este la început capacitiv și crește dela zero la I_{AB} odată cu creșterea tensiunii aplicate dela zero la V_K. Crescând mai departe tensiunea aplicată și deci curentul total, punctul de funcționare sare în $A'B'$. Curenții I_L și I_C cresc brusc, iar curentul total devine inductiv.

Prezența bobinei de stingere subacordată $\left(L\omega > \frac{1}{C\omega}\right)$ cu circuit magnetic saturat poate conduce, în unele cazuri, atât la ferorezonanța elementelor în serie (fig. 4 întreruperea în C), cât și la ferorezonanța elementelor în paralel (fig. 4 întreruperea în B).

Fenomenul poate să mai apară și în cazul alimentării unui transformator în gol (inductanță) printr'o linie lungă (capacitate). Dacă transformatorul este constituit din trei grupuri monofazate și ferorezonanța apare pe o singură

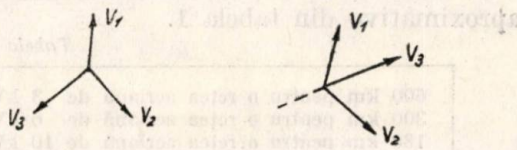


Fig. 7

fază, atunci — datorită inversării curentului în inductanță — tensiunea indusă pe secundarul transformatorului se inversează (fig. 7), conducând astfel la fenomenul inversiunii fazelor.

2. RECOMANDĂRI PENTRU TRATAREA PUNCTULUI NEUTRU

Dintre supratensiunile studiate, este evident că cele mai periculoase sunt cele datorite fenomenului de rezonanță, după care urmează cele datorite arcului intermitent și însfârșit cele datorite proceselor tranzitorii. In afară de aceasta, trebue remarcat că primele două, în special supratensiunile de rezonanță, au un caracter de durată.

Supratensiunile de rezonanță pot căpăta valori considerabile și deaceea ele trebue evitate întotdeauna prin modificarea parametrilor rețelei, ceeace nu constitue o dificultate dat fiind valorile uzuale ale acestor parametri.

Supratensiunile, datorite punerilor la pământ prin arc intermitent, pot fi limitate prin tratarea corespunzătoare a punctului neutru. In acest caz, izolația rețelei trebue dimensionată la nivelul supratensiunilor limită.

Supratensiunile datorite proceselor tranzitorii sunt de scurtă durată și au valori ce nu depășesc pe cele datorite arcului intermitent, astfel încât asigurarea rețelei împotriva acestora din urmă este suficientă.

Supratensiunile datorite punerilor la pământ se produc ca urmare a unei funcționări cu defect și deaceea asigurarea liniei cu un anumit nivel de izolație nu este suficientă și este necesar

să se prevadă dispozitive pentru sesizarea și — dacă este posibil — eliminarea defectului. In cazul unei protecții cu relee obișnuite de intensitate sau maximale, se pot prezenta trei cazuri distincte :

a) Curentul de defect este mai mic de 5 A. In acest caz, releele nu pot sesiza defectul, însă arcul de punere la pământ nu se poate întreține și se restabilește automat funcționarea normală. Exploatarea unei asemenea rețele este ideală. Dacă admitem, pentru capacitatea homopolară a liniei aeriene, o valoare medie $C_h = 5 m\mu$ F/km, atunci curentul de defect este dat de relația :

$$I_p = 3 \cdot 5 \cdot L\omega \frac{U}{\sqrt{3}} 10^{-6} \qquad (12)$$

în care L este lungimea liniei în km, iar U — tensiunea între faze în kV. Punând condiția ca acest curent să fie mai mic decât 5 A, rezultă :

$$LU < 1\,800 \qquad (13)$$

Pe baza relației (13), se calculează valorile aproximative din tabela 1.

Tabela 1

600	km	pentru o rețea aeriană de	3	kV
300	km	pentru o rețea aeriană de	6	kV
180	km	pentru o rețea aeriană de	10	kV
120	km	pentru o rețea aeriană de	15	kV
72	km	pentru o rețea aeriană de	25	kV
51	km	pentru o rețea aeriană de	35	kV
30	km	pentru o rețea aeriană de	60	kV

Ținând seama de lungimile ce se întâlnesc în mod practic, rezultă că sistemul nu se poate aplica decât în cazul unor tensiuni până la 15—25 kV.

Pentru rețelele în cablu, nu se poate stabili o relație de forma (13), deoarece capacitatea cablurilor diferă foarte mult dela un tip la altul. Lungimea maximă a liniei în cablu, pentru exploatarea cu neutrul izolat, trebue calculată pentru fiecare caz în parte. Deoarece capacitățile cablurilor sunt mult mai mari decât ale liniilor aeriene, urmează că — la aceleași tensiuni nominale — vor corespunde lungimi mult mai mici decât cele din tabela 1 (aproximativ de 20—40 ori mai mici).

b) Curentul de defect este mai mare de 5 A, însă mai mic decât intensitatea necesară funcționării releelor de protecție. Deoarece releele nu acționează, rețeaua funcționează cu defect și supratensiunile periculoase pot să apară datorită arcului intermitent. Limitarea lor se realizează printr'o tratare convenabilă a neutrului, ținând seama de avantajele și dezavantajele fiecărei metode.

c) Curentul de defect este suficient pentru a face să funcționeze releele. Este posibil să se utilizeze oricare din sistemele tratării neutrului sau să se lase izolat. In acest ultim caz, eliminarea rapidă a defectului se realizează prin introducerea reanclanșării monofazate, la fel ca în cazul neutrului pus direct la pământ. Dezavantajele sistemului constă în faptul că rețeaua suportă, pentru un timp scurt, supratensiuni considerabile. Pentru acest motiv, se preferă punerea la pământ prin L, R, Z, sau direct — în care caz rețeaua suportă pentru un timp scurt supraintensități considerabile.

Pe baza celor expuse până în prezent și ținând seama de necesitatea unei construcții cât mai economice a rețelelor, precum și de realizarea alimentării continue a consumatorilor, se poate trece la alegerea modului de tratare a neutrului pentru liniile aeriene și în cablu de diferite tensiuni.

2.1. **Linii aeriene.** S'a arătat că supratensiunile de origine internă și în special cele datorite arcului de punere la pământ pot fi limitate la valori ce diferă după modul de tratare a punctului neutru. Astfel, pentru rețelele cu neutrul pus direct la pământ, fazele sănătoase rămân în general la tensiunea pe fază, iar pentru rețelele cu neutrul tratat prin bobină de stingere, fazele sănătoase capătă tensiunea între faze. Dimensionarea izolației întregului aparataj al rețelei și al liniei se poate face ținând seama de aceste supratensiuni limită, ceeace conduce la economii apreciabile, mai ales pentru rețelele de foarte înaltă tensiune cu neutrul pus direct la pământ. Trebue însă remarcat că—în cazul liniilor aeriene — dimensiunile lanțurilor de izolatori rezultă de cele mai multe ori aceleași pentru rețelele cu neutrul pus direct la pământ sau izolat, dat fiind valorile standardizate ale elementelor de izolatori. Consecința acestui fapt este că unele linii aeriene vor fi supradimensionate (mai ales în cazul tensiunilor mai joase).

Ținând seama de necesitatea unei continue alimentări a consumatorilor și a unei exploatări cât mai economice, este de dorit ca eliminarea defectelor de punere la pământ să se realizeze prin suflajul arcului în cazurile când acest lucru este posibil și nu antrenează alte dezavantaje. Valorile limită ale curentului de defect, pentru care se poate realiza suflajul corect al arcului sunt aproximativ aceleași pentru rețelele de diferite tensiuni nominale. Această independență față de tensiunea nominală este justificată prin faptul că — în cazul rețelelor aeriene — condițiile de suflaj și reaprindere ale arcului sunt asemănătoare în sensul că arcul este întotdeauna „lung", iar tensiunea de străpungere a intervalului este întotdeana mult mai mare decât tensiunea nominală a rețelei.

Este posibil ca pentru unele rețele de tensiuni mai joase, care pot fi supradimensionate, condițiile de reaprindere să fie diferite, astfel încât stingerea arcului să se realizeze pentru curenți de defect mai mari decât cei menționați pentru o rețea dimensionată în mod exact (teoretic).

a) *Neutrul izolat.* In cazul când lanțurile de izolatori ar fi calculate exact (teoretic), atunci metoda se recomandă numai pentru tensiunile din tabela 1. Ținând seama de lungimile uzuale, întâlnite în practică, rezultă că metoda exploatării cu neutrul izolat este proprie rețelelor de 6 kV și 15 kV. Dat fiind că deobicei la acste tensiuni nominale, lanțurile de izolatori sunt supradimensionate, rețeaua poate fi extinsă până

la un curent capacitiv de 30 A pentru rețelele de 3—6—10 kV .

b) *Punerea la pământ prin bobină de stingere.* Metoda poate fi aplicată pentru toate rețelele, al căror curent capacitiv depășește limita necesară exploatării cu neutrul izolat. Dimensionând bobina cu un dezacord de 15—20%, se realizează suflajul corect al arcului, în cazul când curentul de defect nu depășește aproximativ 30 A. Dimensionarea întregului aparataj al liniei se face pentru tensiunea întrefaze. Metoda exploatării cu bobină de stingere este proprie numai unor rețele cu tensiuni întrefaze 25—35 kV și uneori 60 kV.

c) *Punerea directă la pământ.* Se recomandă în rețelele de foarte înaltă tensiune, pentru care curenții de scurtcircuit monofazat nu sunt periculoși iar reducerea izolației aparatajului conduce la economii mari ce compensează cheltuielile necesare introducerii reanclanșării automate. Metoda este proprie rețelelor de 110—220 kV.

Este posibil uneori ca și în rețelele de tensiuni mai joase să se utilizeze o exploatare asemănătoare cu aceea din rețelele cu neutrul pus direct la pământ. Așa este cazul în care liniile de 6 kV sunt alimentate direct prin generatori, al căror neutru trebue tratat pentru a nu suporta supratensiuni. Totodată, este necesar să se realizeze și o limitare a curenților de scurtcircuit monofazat, precum și amortizarea rapidă a oscilațiilor, ceeace se realizează prin introducerea unei rezistențe (convenabil calculată) pe nulul generatorului.

2.2. **Linii în cablu.** Costul ridicat al izolației cablurilor conduce la utilizarea metodei cu neutrul pus direct la pământ, ceeace atrage economii considerabile. Apare însă desavantajul unor curenți de scurtcircuit foarte intenși, dat fiind valorile mici ale reactanțelor cablurilor. Este posibil ca defectul să nu fie eliminat prin reanclanșare, ceeace atrage scoaterea cablului din funcțiune până la găsirea și remedierea defectului.

Exploatarea cu neutrul tratat prin bobină de stingere este mai comodă însă mai costisitoare și impune o limită a curentului de defect mai mică decât în cazul liniilor aeriene. Dacă la liniile aeriene arcul apărut accidental putea fi ușor suflat, în schimb acest lucru se realizează mai greu în cable, datorită condițiilor mai grele de deionizare. Arcul dintre un toron și manta, alimentat de un curent ce depășește 10 A, poate provoca o generalizare a defectului (scurtcircuit bifazat și trifazat), conducând la distrugerea complectă a izolației.

Tendința actuală este de a se funcționa în sistemul cu bobină de stingere, deoarece cea mai mare parte a defectelor se elimină, iar în caz când acestea persistă, rețeaua poate funcționa un timp îndelungat cu defect până la găsirea și înlăturarea lui.

a) *Neutrul izolat.* Lungimile rețelelor de cable trebue să fie de 20—40 ori mai mici decât valorile date în tabela 1 pentru liniile aeriene. Metoda este proprie pentru tensiuni până la 3—6 kV. In cazul când cablurile sunt supradimensionate, rețeaua se poate extinde la un curent capacitiv de 20 A.

Dacă rețeaua depășește totuși lungimile admisibile, se poate utiliza metoda secționării rețelei homopolare prin introducerea cuplajelor magnetice. Liniile de 6 kV se conectează pe bare prin intermediul transformatorilor, care în general secționează rețeaua homopolară.

b) *Punerea la pământ prin bobină de stingere,* Deoarece se urmărește o exploatare de durată a rețelei cu defect, curentul trebue limitat la 10 A. Pentru aceasta, este necesar un acord cât mai corect și permanent al bobinei. Metoda se utilizează pentru cable de 35 kV.

c) *Punerea directă la pământ.* Are drept scop reducerea izolației toroanelor față de manta, ceeace conduce la economii apreciabile pentru cablurile de 35—60 kV și mai sus.

Curenții de scurt circuit monofazat, având valori considerabile, pot să provoace distrugerea izolației chiar în timpul scurt în care acționează. Pentru acest motiv, rețeaua de cabluri nu se pune în general direct la pământ, ci prin intermediul unei rezistențe sau unei impedanțe.

Punerea la pământ prin rezistență se recomandă pentru rețelele de 3—35 kV. Când această rezistență, care trebue să suporte curenți de ordinul de mărime 10 000 A, devine costisitoare, se poate utiliza o impedanță.

Punerea la pământ prin impedanță sau chiar reactanță se recomandă în rețelele de 35—60 kV.

Bibliografie

(1) *Sirotinschi* : Tehnica tensiunilor înalte.
(2) *Mauduit A.* : Instalațiuni electrice de înaltă și joasă tensiune.

★

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ

Резюме

Автор рассматривает перенапряжения внутреннего происхождения в электрических сетях и причины их происхождения; указывает главные методы которые могут быть использованы для их устранения; изучает перенапряжения из-за явления резонанса и защитные меры.

MĂSURAREA REZISTENȚEI PRIZELOR DE PĂMÂNT CU PUNTEA DE CURENT CONTINUU

Ing. I. SOLOMON

Autorul expune, o nouă metodă de măsurare a rezistenței prizelor de pământ prin folosirea punții simple de curent continuu, metodă elaborată și experimentată cu bune rezultate în Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

In tehnica măsurării rezistenței prizelor de pământ, domină ca o axiomă [1, 2, 6] convingerea că aceste rezistențe nu se pot măsura prin nicio metodă sau aparat de curent continuu, ci numai prin curent alternativ.

Această convingere este perfect justificată, căci într'adevăr, conductibilitatea pământului fiind esențialmente de natură electrolitică, orice măsurătoare conținând circuite prin pământ, va fi turburată și alterată prin efectele de polarizare ce se produc la electrozi, în speță adică, fie la priza de pământ ce se măsoară, fie la prizele auxiliare necesare în orice dispozitiv de măsură.

Aceste efecte de polarizare constau pe deoparte în naşterea unor forțe contraelectromotoare secundare și prezenței a diverse tensiuni spontane între electrozii prizelor de pământ care — suprapunându-se într'un mod în general necontrolabil peste tensiunile de lucru ale dispozitivului de măsură — fac măsurătoarea imposibilă. Pe de altă parte, în degajarea la electrozi a produselor de descompunere electrolitică, în special a hidrogenului, care — depunându-se pe electrozi (pe catod) — introduce o însemnată și necontrolabilă rezistență de contact între aceștia și pământ ; rezistență care altfel, în teoria și practica prizelor de pământ, se consideră a fi neglijabilă față de rezistența de dispersiune a acestora.

Acest din urmă efect este cu atât mai important și mai dăunător, cu cât — pentru a diminua importanța relativă a celui dintâi — am căuta să efectuăm măsurătorile cu tensiuni sau intensități mai mari.

Pentru aceste motive, la măsurarea rezistenței prizelor de pământ, se folosesc azi în mod exclusiv metode și aparate de curent alternativ. Prezența la unele din acestea a unor dispozitive redresoare, pentruca la urmă să se ajungă la operarea cu un instrument de curent continuu mai sensibil, nu infirmă principial această constatare.

Dar, metodele și aparatele de curent alternativ, pe lângă alte deficiențe ale lor proprii, prezintă astăzi esențialul dezavantaj — de natură practică — de a nu fi disponibile, astfel de aparate fiind încă greu de procurat.

Aceasta fiind situația actuală, noi ne-am propus să realizăm — și vom descrie în cele ce urmează — o nouă metodă pentru măsurarea rezistenței prizelor de pământ și indirect — prin mijlocirea prizelor de probă — a rezistenței solurilor, metodă care nu folosește alt instrument decât puntea Wheatstone simplă, *de curent continuu*.

Prin această nouă metodă, elaborată și experimentată în Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., se infirmă în primul rând acea axiomă de care am pomenit la început, că rezistențele de pământ nu s'ar putea măsura în curent continuu, iar în al doilea rând, se pune la îndemâna întreprinderilor și exploatărilor electrice din țară — cel puțin până ce acestea își vor putea procura aparatele de măsură menționate — o metodă de măsurare a prizelor de pământ, realizabilă cu un instrument foarte comun, care se găsește la orice întreprindere și stațiune electrică.

Metoda noastră pornește dela faptul cunoscut că între doi electrozi înfipți în pământ există aproape întotdeauna o f.e.m. de polarizare *spontană*, adică nu numai cum se presupune și se învață în mod obișnuit — ca efect secundar al unui curent *anterior* trimis în pământ.

Intr'adevăr, dacă avem două prize metalice de natură diferită, de exemplu o placă sau o bară de fier și una de cupru, îngropate în pământ, acestea — împreună cu apa interstițială din sol, întotdeauna salinizată — vor constitui un lanț electrochimic care va produce o tensiune electrică între cele două prize.

Interesant și de esențială importanță pentru noi, care executăm astăzi prizele de pământ numai din fier, este faptul că astfel de f.e.m. spontane se arată aproape întotdeauna și între electrozi *din același metal*. Producerea și în acest caz a unor f.e.m. se explică prin anumite fenomene fizice și electrochimice bine cunoscute, din care cele mai importante pentru problema noastră ar fi următoarele :

1. Deosebiri în *natura* electrolitului interstițial din sol în jurul unuia și celuilalt electrod, adică deosebiri în natura sărurilor aflate în soluție la cei doi electrozi. Avem în acest caz analogul unei pile electrice cu electrozi de același fel, dar „cu două lichide".

2. Deosebiri în *concentrația* electrolitului interstițial în jurul unuia și celuilalt electrod, natura chimică a acestuia fiind astfel una și aceeași. Avem în acest caz analogul unei „pile de concentrație".

3. F.e.m. zise „de filtrație", datorite unor efecte de electrocapilaritate sau de frecare a picăturilor lichide la scurgerea lor prin sol.

Față de pilele electrice propriu zise, care sunt constituite întotdeauna cu electrozi din metale diferite și care au f.e.m. dela 1 la 2V,

f.e.m. spontane, ce se constată între electrozi de același metal aflați în condițiuni ca cele sus menționate, au valori de ordinul a numai 10... 100 mV, uneori însă și până la 200 mV și chiar ceva mai mult.

Astfel de f.e.m. spontane au fost efectiv constată și măsurate de noi între prize de pământ constituite în mod uniform din țevi de fier negre, bătute în pământ pe adâncimi dela 0,3 la 2 m și la distanțe reciproce dela 1 la 25 m și mai mult.

Aceste f.e.m., respectiv tensiunile ce se constatată între astfel de prize de pământ și care — din punctul de vedere al debitului — pot alimenta fără nicio scădere sensibilă galvanometrul unei punți, sunt practic constante și aproape permanente între două prize date.

Ținem să precizăm că toate aceste tensiuni spontane, de care ne ocupăm aici, nu sunt datorite nici așa numiților „curenți telurici", nici curenților vagabonzi ai instalațiilor electrice. Cercetări și experiențe anume întreprinse au eliminat cu totul aceste ipoteze, forțele electromotoare — respectiv tensiunile în chestiune — fiind adevărate f.e.m. și tensiuni spontane, datorite polarizării *primare* a electrozilor prin unul sau altul din fenomenele menționate mai înainte.

Existența acestor f.e.m. de spontană polarizare, adică *independent* și *anterior* oricărui curent *trimis* în pământ, a făcut *să se asimileze o pereche de prize de pământ cu un element* galvanic [6] și anume cu un element de tipul zis „uscat", în care prizele de pământ ar constitui electrozii și polii elementului, lichidul interstițial din sol, electrolitul, iar roca propriu zisă (argila, nisipul, etc.) ar forma fixatorul electrolitului. Iar tensiunile spontane, aproape întotdeauna existente între două prize, nu ar fi altceva decât tensiunile acestor „pile de pământ".

Pe baza acestei interpretări date prezenței tensiunilor spontane în chestiune, noi am făcut următoarele raționamente:

— Dacă ansamblul: priză metalică — pământ — a doua priză metalică constitue un element galvanic, acest element are evident și o anumită rezistență interioară, ca orice alt element galvanic.

— Această rezistență ar putea fi deci măsurată cu vreuna din metodele cunoscute pentru măsurarea rezistenței interioare a elementelor galvanice.

— Rezistența interioară a acestui element galvanic „de pământ" nu este însă altceva decât rezistența circuitului prin pământ dela un electrod la celălalt, este deci tocmai ceeace constitue rezistența de dispersiune între cele două prize, sau — cu alte cuvinte — *suma rezistențelor celor două prize de pământ.*

— Măsurând deci cu o metodă potrivită rezistența interioară a „pilei de pământ" constituită de două prize, noi prin aceasta am măsurat tocmai rezistența (însumată) a acestor două prize.

— O metodă potrivită pentru măsurarea rezistenței interioare a elementelor galvanice — în special a elementelor de mic debit și de relativ mai mare rezistență interioară, cum este și asimilata noastră „pilă de pământ" — este cunoscuta metodă a lui *Mance,* o formă a punții lui Wheatstone, care lucrează fără baterie de alimentare în diagonală și numai cu propria f.e.m. a elementului supus măsurătorii.

— In consecință și în concluzie, *rezistența de dispersiune între două prize de pământ s'ar putea măsura, aplicând acestor prize metoda lui Mance,* ceeace — în ultimă analiză — înseamnă a măsura această rezistență cu *puntea lui Wheatstone simplă de curent continuu,* aceea care, după cele știute până acum, nu ar fi aptă pentru măsurarea rezistenței prizelor de pământ.

Am denumit această nouă metodă pentru măsurarea acestor rezistențe și — indirect — a rezistivității solurilor „metoda tensiunilor de polarizare spontană", întrucât aceste tensiuni alimentează și fac să funcționeze dispozitivul de măsurare. Prin aceasta, s'a luat totodată acestor tensiuni caracterul lor parazitar și pernicios de până acum.

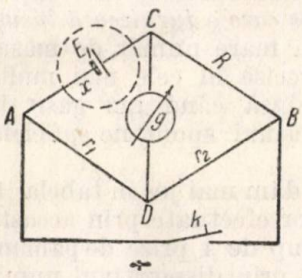


Fig. 1

Puntea lui Mance, deși foarte veche (datează din 1872), este încă actuală și aplicată la măsurarea rezistenței interioare a elementelor galvanice. Ca atare, ea se găsește descrisă aproape în toate manualele de fizică sau de măsurători electrice, cu o demonstrație deosebit de clară în [3].

Noi aici, ne vom mărgini să amintim doar în treacăt schema și funcționarea acestei punți, care de fapt este aceeași ca a punții lui Wheatstone, adică același patrulater de rezistențe și două diagonale (fig. 1).

In diagonala a doua însă (prima diagonală fiind aceea în care se găsește galvanometrul), nu se mai introduce nicio baterie, ci numai un simplu întreruptor (un buton), cu ajutorul căruia această diagonală se poate închide sau deschide.

Elementul galvanic, a cărui rezistență interioară se măsoară, se leagă la bornele X ale punții, adică la fel ca oricare altă rezistență de măsurat.

Echilibrarea punții constă în reglarea rezistențelor aparatului, până ce — cu diagonala a doua *deschisă* sau *închisă,* adică cu butonul respectiv apăsat sau nu — deviația galvanometrului rămâne neschimbată.

In această situație, în care deviația galvanometrului are semnificația unui „fals zero", relația de echilibru este aceeași ca în puntea lui Wheatstone, adică, cu notațiile obișnuite:

$$x = R \cdot \frac{r_1}{r_2}.$$

Cu deosebire ușoară este aplicarea metodei lui Mance la o punte cu fir, la care reglarea și echilibrarea se fac prin simpla rotire a limbului. La operarea cu o astfel de punte, formula de calcul capătă forma mai simplă : $x = R.\Omega$, în care R este rezistența de comparație dată prin poziția comutatorului de proporționalitate, iar Ω este cifra gradației la care s'a produs echilibrarea.

Aplicarea acestei metode a lui Mance la măsurarea rezistenței prizelor de pământ — aplicare justificată prin asimilarea pe care am făcut-o între o pereche de astfel de prize și o pilă electrică — se va face așa dar legând prizele la bornele X ale unei punți obișnuite, *din care am scos bateria și am scurtcircuitat contactele respective,* și făcând apoi echilibrarea la „fals zero".

Cu această metodă, caracterizată dupăcum se vede prin aceea că măsurătoarea se face exclusiv cu ajutorul f.e.m. *pe care o furnizează însuși pământul,* am făcut un mare număr de măsurători, cu rezultate precise în cele mai multe cazuri, numai atunci însă când am găsit la prizele de pământ tensiuni spontane suficient de mari.

Cu titlu de exemplu, dăm mai jos în tabela 1, rezultatele măsurătorilor efectuate prin această metodă asupra unui grup de 4 prize de pământ măsurate trei câte trei prin dispozitivul numit „al celor trei prize". In acest mod, rezistența fiecărei prize în parte ne-a putut rezulta de câte trei ori, permițând astfel a se vedea și care sunt abaterile ce pot avea loc dela o măsurătoare la alta.

Măsurători efectuate în schema Mance *Tabela 1*

Prizele Nr.	1	2	3	4	Media abaterilor maxime
Rezistențe în Ω	17,5 17,9 19,1	65,0 64,5 65,2	16,1 14,4 14,9	13,8 12,2 12,6	
Media	18,2	65,2	15,1	12,9	
Abateri maxime	5%	1,4%	6,6%	7%	5%

Media abaterilor maxime, în acest grup de 12 măsurători, a rezultat de 5%, ceeace în domeniul măsurării prizelor de pământ este o cifră cu totul satisfăcătoare.

Cu toată simplicitatea ei extremă și cu toate rezultatele foarte bune obținute, noi nu ne-am putut însă opri la schema Mance simplă, astfel cum ea a fost expusă până aci. Aceasta, pentru motivul că — dacă într'adevăr există aproape întotdeuna la prize tensiuni spontane suficiente pentru acționarea punții — se întâmplă însă și destule cazuri când aceste tensiuni sunt prea mici pentruca măsurătoarea să mai poată fi făcută cu destulă sensibilitate și exactitate.

Pentruca metoda indicată să fie aplicabilă în toate împrejurările, adică și în cazurile când întâlnim tensiuni spontane prea slabe la prizele de pământ măsurate, noi ne-am văzut conduși la o complectare a schemei lui Mance prin suprapunerea peste aceasta a schemei clasice Wheatstone, adică cu baterie de alimentare în diagonală.

Această suprapunere ar însemna o punte funcționând după schema din figura 2, adică posedând două f.e.m. și anume : prima E_1, cea spontană din pământ, în latura AC în care se găsește rezistența de măsurat și a doua E_2, acea dată de bateria de alimentare, în diagonala AB.

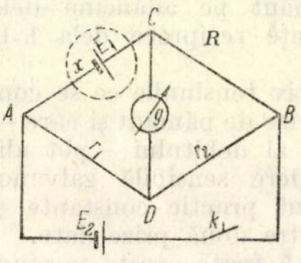


Fig. 2

Această suprapunere este admisibilă și dă o condiție de echilibru univocă și bine determinată, aceasta în baza teoremei generale a suprapunerii, după care două sisteme (liniare) în echilibru, suprapuse, dau tot un sistem în echilibru.

Sistemul Wheatstone este în echilibru la relația bine cunoscută :

$$\frac{x}{R} = \frac{r_1}{r_2},$$

la care, după cum s'a arătat, este în echilibru și sistemul Mance. Prin urmare, sistemul combinat — rezultat din suprapunerea acestor două sisteme — va fi și el în echilibru pentru aceeași relație, rezultând astfel pentru valoarea rezistenței căutate aceeași valoare ca mai înainte la măsurarea ei prin schema Mance pură.

Cât privește poziția de echilibru, aceasta rămâne mai departe la „fals zero" ca și în schema Mance. Intr'adevăr, dacă considerăm întâi în mod separat puntea Mance, aceasta fiind echilibrată la fals zero, urmează că diagonala galvanometrului este, în acest caz, și la echilibru parcursă de un curent finit i_g.

Dacă acum intercalăm în cea de a doua diagonală o f.e.m., în speță o baterie de alimentare, întru cât cele patru rezistențe se găsesc deja, în urma echilibrării lor anterioare în puntea Mance, în relația fundamentală

$$\frac{x}{R} = \frac{r_1}{r_2},$$

valabilă și pentru puntea Wheatstone, această a doua f.e.m. nu va produce nicio nouă diferență de potențial între punctele C și D, între care se găsește legat galvanometrul, deci niciun curent în plus peste curentul inițial i_g prin aceasta. Prin urmare, și după aplicarea bateriei de alimentare, *deviația de fals zero* rămâne neschimbată, aceeași ca în schema Mance pură.

Prin această adăugire, inconvenientul slabei sensibilități a dispozitivului la tensiuni spontane prea mici sau chiar nule, între prizele de pământ ce se măsoară, este înlăturat.

CALCULUL CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT ÎN CAZUL CONDUCTORILOR DIN OȚEL

Ing. GLEB DRĂGAN

Calculul curenților de scurtcircuit în cazul liniilor cu conductori de oțel este îngreunată din cauză că problema determinării valorilor rezistenței și reactanței conductorilor din oțel nu este pe deplin rezolvată.

După unii autori calculul curenților de scurtcircuit în cazul conductorilor din oțel, se efectuează luând rezistența și reactanța lor în cazul trecerii curentului de funcționare [1] sau presupunând că impedanța totală este egală numai cu rezistența conductorilor [2], rezistența fiind deasemenea determinată în funcție de curentul de funcționare din conductorul de oțel. Deoarece rezistența și reactanța conductorilor variază în limite largi, în funcție de intensitatea curentului, aceste metode de calcul duc adeseori la erori prea mari. Pentru reducerea erorilor s'a propus o metodă de calcul grafico-analitică [3] care este aplicabilă numai în ipoteza că barele stației care alimentează liniile cu conductori din oțel sunt de putere infinită (adică tensiunea, în cazul unui scurt circuit, poate fi considerată constantă în diferite puncte ale liniei). Totodată autorii pleacă dela ipoteza că impedanța conductorilor din oțel z_0 reprezintă 1,015... 1,08 din valoarea rezistenței r_0, astfel încât determinarea valorii curentului de scurtcircuit se face numai în funcție de rezistența conductorilor. In acest caz, considerând o linie cu secțiuni variabile (având rezistențele corespunzătoare r_{oi}) cu sarcinile concentrate aplicate la distanțele l_i una de alta ,rezultă că valoarea curentului de scurtcircuit va fi dată de intersecția curbei

$$I \sum_{i=1}^{n} r_{oi} l_i = f(I)$$

cu dreapta $U = \text{const}$.

Cu ajutorul metodei grafico-analitice se pot determina valorile tranzitorii ale curenților de scurtcircuit în cazul conductorilor din oțel.

Metoda grafico-analitică este superioară metodelor de calcul ale curenților de scurtcircuit în funcție de curenții de funcționare ai liniilor cu conductori din oțel, reducând erorile de calcul cu 15...45%. Totuși prin faptul că rezistența și reactanța conductorilor din oțel nu se determină suficient de riguros și această metodă introduce, adesea, erori de calcul mari.

Determinarea rezistenței și reactanței conductorilor multifilari din oțel, pentru curenții mai mari de 200 A, se poate face numai pe cale experimentală, deoarece în cazul studiului teoretic al fenomenului nu se pot lua în considerare toți factorii.

Cercetările efectuate în cadrul Institutului de mecanizare și de electrificare rurală din Harcov, au adus în această privință o serie de preciziuni utile [4].

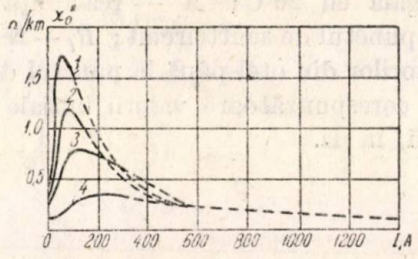


Fig. 1. Reactanța internă a conductorilor multifilari din oțel. în funcție de intensitatea curentului. Curbele *1*, *2*, *3* și *4* corespunzătoare secțiunilor 35, 50, 70 și 95 mm².

Pentru determinarea pe cale experimentală a parametrilor conductorilor din oțel în cazul curenților mari, a fost necesară folosirea oscilografului catodic. Amplitudinile curenților folosiți au variat în limitele dela 300 la 1 400 A ; nu a fost necesară mărirea curenților peste aceste valori, deoarece limitele luate în considerare precizau suficient de bine caracteristicele conductorilor din oțel.

Din analizarea oscilogramelor obținute s'a putut constata că începând cu valorile de 400...500 A se poate neglija creșterea rezistenței, valoarea acesteia devenind practic constantă. Reactanța internă a conductorilor din oțel se reduce în cazul curenților mai mari de 400...500 A, până la valoarea de 0,3 Ω/km, devenind mai mică decât reactanța externă. Curbele ce dau valoarea reactanței interne, pentru conductori de o anumită secțiune, se suprapun pentru valorile curenților mai mari de 600 A, tinzând la valoarea de 0,15 Ω/km, în cazul curentului de 1 000 A (fig. 1).

Rezultă că pentru curenți mai mari de 500 A reactanța totală a conductorilor din oțel se poate lua în calcule practice egală cu:

$$X_0 = X_0' + X_0'' = 0{,}35 + 0{,}15 = 0{,}5\,\Omega/\text{km}.$$

Pentru curenți mai mici decât 500 A, valoarea rezistenței și reactanței conductorilor din oțel iau valori foarte mari, iar curenții de scurtcircuit trebue determinați prin aproximații succesive sau prin metode grafice.

Variația rezistenței și a reactanței conductorilor din oțel în funcție de temperatură este dată de relația:

$$0{,}55\,t^2\left(\frac{U}{l}\right)^2 = \theta + \frac{\alpha\theta^2}{2} + \frac{2.3\,X^2 \lg(1+\alpha\theta)}{\alpha R_l} \qquad (1)$$

unde l este timpul de scurtcircuit, în secunde; U — tensiunea de linie a rețelei, kV; l — lungimea liniei cu conductori din oțel până la punctul de scurtcircuit, km; α — coeficientul de temperatură al conductorilor din oțel; θ — temperatura inițială a conductorilor, care se ia egală cu 20°C; X — reactanța rețelei până la punctul de scurtcircuit; R_l — rezistența conductorilor din oțel până la punctul de scurtcircuit, corespunzătoare valorii inițiale a temperaturii, în Ω.

Reducerea relativă a curentului de scurtcircuit în cazul acestei temperaturi, se determină din relația:

$$\frac{I_\theta}{I} = \sqrt{\frac{1+\left(\frac{X}{R_l}\right)^2}{(1+\alpha\theta)^2+\left(\frac{X}{R_l}\right)^2}}. \qquad (2)$$

Rezolvarea relațiilor (1) și (2) se poate face în mod grafic cu ajutorul unei nomograme construită de autori, fiind necesar în acest scop să se determine argumentul de calcul

$$A = 0{,}55\,t\left(\frac{U_e\ \text{kV}}{l\ \text{km}}\right)^2.$$

In nomograma prezentată se dă totodată un exemplu de calcul.

Aceste ultime cercetări precizează oarecum calculul curenților de scurtcircuit în cazul conductorilor din oțel.

Bibliografie

(1) *Cuznețov N. C., Zlatcovschi A. P.*: Centrale hidroelectrice rurale, Selhozghiz, 1948.
(2) Indreptar pentru electrificări rurale. Selhozghiz, 1949.
(3) *Levin M. S., Ganelin A. M.*: Metodă grafico-analitică pentru calculul curenților de scurtcircuit în rețelele cu conductori din oțel. Electricestvo, Nr 4/1952.
(4) *Pliugacev V. C.*: Rezistența și reactanța conductorilor din oțel în cazul scurtcircuitelor. Electricestvo, Nr. 6/1953.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complect, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor se face după apariție potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

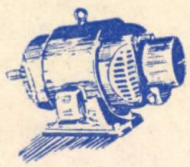
Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

L. B. RIVLIN

MOTOARELE ELECTRICE ŞI EXPLOATAREA LOR

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ



EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Manualul tratează despre principalele noţiuni priviud motoarele electrice de curent continuu şi alternativ şi aparatajul pentru pornirea şi reglarea lor.

L. I. BAIDA

CURS GENERAL DE MĂSURĂRI ELECTRICE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Lucrarea conţine principiile tehnicei măsurătorilor electrice, descriind construcţiile instrumentelor şi dispozitivelor care servesc la efectuarea acestora.

L. V. LITVAC
DOCTOR ÎN ŞTIINŢE TEHNICE

PROBLEMELE AMELIORARII FACTORULUI DE PUTERE IN INTREPRINDERILE INDUSTRIALE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Cartea este destinată inginerilor şi tehnicienilor din energetica industrială. Prezintă o serie de soluţii practice pentru ameliorarea factorului de putere în întreprinderi fiind indicate şi o serie de considerente de ordin tehnico-economic.

COLECŢIA ENERGETICĂ

N. L. BUTENCO

CĂLĂUZA LĂCĂTUŞULUI LA MONTAREA SUPRAFEŢELOR DE ÎNCĂLZIRE ALE CAZANELOR CU ABUR

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Călăuza serveşte lăcătuşilor, care montează suprafeţele de încălzire ale cazanelor de abur la centralele termoelectrice. Se expun regulile şi normele tehnice şi se descriu operaţiile principale ce se execută la aceste lucrări.

E 2039
06

KAT

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institu... ...are tehnică
BUCUREŞTI
OBMEH - CNEHE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

Országos Műszaki Könyvtár
TULAJDONA

12

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul I ★ Decembrie 1953 ★ Nr. 12 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

HIDROENERGETICA

C. Mateescu, prof. dr. ing.: Funcţiuni topografice caracteristice ale barajelor-rezervoare 1

TERMOENERGETICA

C. Dinulescu, ing.: Evitarea avarierii ţevilor fierbătoare şi de ecrane la cazanele de abur 6

L. Szekely, ing.: Un cărbune de tip BM din punct de vedere al utilizării lui la combustiune . . . 11

ELECTROENERGETICA

A. Avramescu, dr. ing. şi ing. *N. Decuseară*: Repartizarea optimă a sarcinilor pe unităţi energetice interconectate 14

I Klipp, ing.: Metoda grafică pentru calculul mecanic al conductorilor liniilor electrice aeriene peste 1000 V. 25

DOCUMENTARE

Recenzie 28

DIN ACTIVITATEA I.S.R.S.

Institutul de Studii Româno-Sovietic, sprijin al specialiştilor în energetică 29

Bibliografie 30

Tabla de materii pe anul 1953 31

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

К. Матееску: Характеристические топографические функции водонапорных плотин 1

ТЕРМОЭНЕРГЕТИКА

К. Динулеску: Избежание аварии кипятильных и экранных труб паровых котлов 6

Л. Секели: Уголь марки ВМ с точки зрения использования для горения 11

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

А. Аврамеску и *Н. Декусярэ*: Оптимальное распределение нагрузок между кольцованными энергетическими единицами 14

И. Клипп: Графический метод механического расчета проводов воздушных линий электропередачи свыше 1000 в. 25

ДОКУМЕНТАЦИЯ

Рецензия 28

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И.С.Р.С.

Румыно-Советский Институт Исследований, опора специалистов энергетиков 29

Библиография 30

Содержание жулнала за 1953 г. 31

Országos ... Könyvtár TULADONA

FUNCȚIUNI TOPOGRAFICE CARACTERISTICE ALE BARAJELOR-REZERVOARE

Prof. Dr. Ing. CRISTEA MATEESCU

Se cercetează curbele suprafeței și volumul lacurilor de regularizare la 43 amplasamente din Carpați și Alpi. Se scot în evidență factorii genetici ai formelor acestor curbe și se deduc funcțiile algebrice cele mai corespunzătoare acestor forme, pentruca studiile energetice ce necesită asemenea funcțiuni să nu se bazeze pe cazuri teoretice, ci să fie strâns legate de natură.

1. In vederea studiilor tehnico-economice și energetice ale barajelor-rezervoare, se obișnuește a se determina câteva funcțiuni caracteristice, depinzând în special de datele geometrice (respectiv topografice). Astfel, se determină pe baza planurilor topografice precise, funcțiile :

— Suprafața lacului $S = F\ (h)$, funcție de înălțimea barajului h, socotită ca diferență între nivelul static al lacului și cota talvegului sau după altă definiție corelativă

— Volumul lacului $V = \Phi\ (h)$

— Coeficientul de calitate a cuvetei $= \frac{V}{Sh}$

In afară de acestea, dacă se cunoaște adâncimea medie a terenului bun de fundații (t metri sub nivelul terenului), înălțimea coronamentului peste nivelul static al apei și spațiul de gardă x, se poate exprima volumul de beton al barajului :

$$W = f\,(h) = (h + t + z).$$

Pentru studii comparative se va lua profilul barajului de tipul „de greutate" din beton masiv, iar în cazul altor forme de profil sau altor materiale, se poate folosi noțiunea de beton redus Wr, adică volumul de beton masiv al cărui cost ar echivala costul barajului de alt tip. Pentru studii preliminare, generale, comparative, vom considera însă întotdeauna un baraj de greutate masiv, determinând funcția W a acestuia.

In sfârșit, o altă funcție ce se obișnuește a se determina este :

— Coeficientul de calitate al barajului $\beta = \frac{V}{W}$

care este folosit uneori și pentru a determina înălțimea optimă (economică) a barajului.

Observăm că W și β nu sunt funcțiuni strict topografice întrucât adâncimea t, fructul paramentului m și alți parametrii care intră în aceste funcțiuni depind de geologie, de material, etc.

S'au făcut și câteva studii matematice generale destul de interesante, considerându-se diferite forme „posibile" de cuvete și de văi la amplasamentul barajului, trăgându-se concluzii, care însă uneori sunt eronate sau se aplică greșit în cazurile reale.

Deaceia ne-am propus să expunem, în cele ce urmează, cercetările noastre, efectuate la un număr de baraje-rezervoare din Carpați și din Alpi, în scopul de a determina : formele caracteristice ale funcțiunilor S și V, așa cum rezultă ele din ridicările topografice (nu formele teoretice posibile), care forme sunt mai frecvente, factorii lor genetici. Apoi, vom căuta cele mai potrivite expresii algebrice pentru S și V care să fie valabile pentru formele cele mai frecvente de văi, întâlnite în natură. In sfârșit, funcțiile S și V fiind stabilite prin această metodă, se pot studia apoi și alte funcțiuni caracteristice.

2. Funcția topografică $S = F\ (h)$. Barajele rezervoare luate în considerare sunt acelea pentru care am avut date topografice suficient de exacte, deși gradul de exactitate nu este același pentru toate. Amplasamentele sunt studiate în faza preliminară și, numai la un număr mic din cele 43 amplasamente studiate, barajele sunt construite sau în construcție. Este chiar posibil ca la un număr de 20—30% din aceste amplasamente să se renunțe a se construi barajele, din lipsă de rentabilitate sau din cauza dificultăților de ordin geologic. Considerarea și a acestor cazuri ne permite a lărgi câmpul cercetărilor la un număr cât mai variat de forme de văi, iar concluziile vor fi cu atât mai cuprinzătoare.

Din examinarea curbelor S din planșele 1 și 2, rezultă următoarele constatări :

a) Curbele S la cele 20 baraje prevăzute în văile munților Carpați, sunt convexe în sensul lui h pozitiv, toate aceste amplasamente sunt în defileuri sau îngustări de văi, niciunul nu barează afluentul unui lac sau al unui circ glacial ; la barajele considerate în Alpi, majoritatea curbelor S au aceleași caracteristice ca în Carpați, dar la 5 amplasamente din 23 (la nr. 10, 11, 16, 22 și 23) curba S începe cu un arc concav spre h pozitiv, corespunzător existenței unei depresiuni cu fund larg, datorită fie unei eroziuni glaciale (la nr. 10 și 22), fie unui lac existent (la 16, 22 și 23), lacul 23 fiind provenit dintr'o prăbușire care a zăgăzuit pârâul în epoca preistorică. In ceiace privește prima clasă de curbe S, se constată că la un număr de baraje-rezervoare în Carpați (nr. 7, 8, 9, 13, 15, 16, 17, 19, 20) și la relativ multe în Alpi (nr. 2, 3, 6, 7, 13, 19, 21) curba se compune din două segmente aproximativ rectilinii, primul $A\,B$, începând la o mică

înălțime h_0 deasupra talvegului, la locul barajului, până într'un punct B la înălțimea h_1, iar de acolo al doilea segment BC, tot rectiliniu (schema din fig. 1, *a*); la alte câteva cuvete

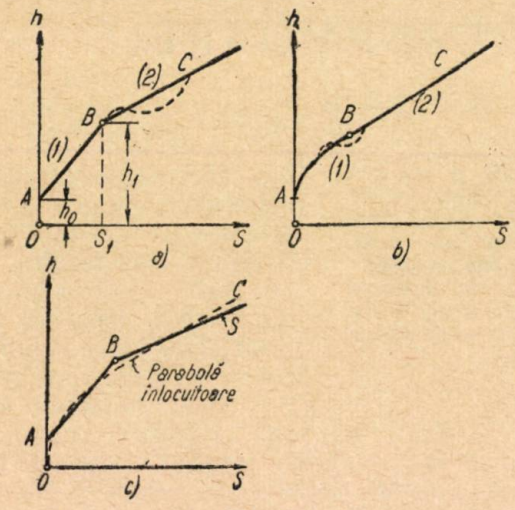


Fig. 1

segmentul (*1*) este curbiliniu și convex spre h (schema din fig. 1, *b*). In sfârșit, alte curbe S prezintă un arc unic de gen parabolic, iar altele se reduc la o dreaptă unică.

b) Aproape întotdeauna aceste curbe prezintă unele ondulații pe lungimi mici, ce pot fi atribuite unor alunecări de teren generalizate pe versanți, la oarecare înălțime deasupra talvegului. Aceste ondulații, cele mai adesea sub forma unor scobituri (concavități locale), se pot găsi fie pe ramura (*1*) fie pe ramura (2), fie pe amândouă ramurile.

Destul de rar, această scobitură lipsește.

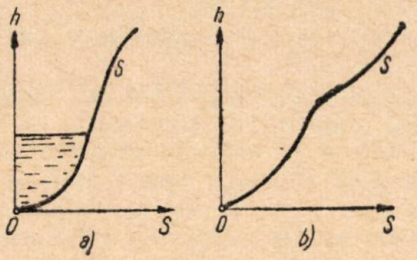


Fig. 2

In cazul exprimării acestor forme printr'o funcție algebrică unică, constatăm că se poate găsi o curbă parabolică, aproximând linia frântă a curbei S cu destulă exactitate.

c) La depresiunile tectonice, lacuri, mări închise, circuri glaciale, forma ce ia curba S (fig. 2) începe dela fund cu un arc concav spre h și spre suprafață un al doilea arc, fie convex (fig. 2, *a*). fie ușor concav sau rectiliniu (fig. 2, *b*). Spre comparație dăm și curba S pentru Marea Neagră (fig. 3).

Formele mai frecvente și excepțiile dela aceste forme se explică astfel :

Curbele convexe din prima clasă, de o formă quasi-parabolică se deduc matematic, plecând dela ipoteza unui profil mediu trapezoidal cu pante constante ale versanților $\left(\text{tg}\,\theta = \frac{1}{m}\right)$, cu albia majoră de lărgime medie B, iar panta în lungul râului, constantă, I.

In acest caz, la înălțimea de baraj h corespunde o suprafață a lacului

$$S = \frac{[(B + 2mh) + B]}{2}\frac{h}{J} = \frac{(B + mh)}{I}h = ah^2 + bh \quad (1)$$

coeficienții a și b având semnificația geometrică :

$$a = \frac{m}{I} \text{ și } b = \frac{B}{I}. \quad (2)$$

Aceste ipoteze sunt practic îndeplinite adeseori căci pentru rezervoarele de acumulare se aleg cuvetele naturale formate, în general, prin bararea unor văi largi în amonte de baraj, iar profilul lor transversal are o formă ce se poate asimila cu un trapez, baza mică fiind formată

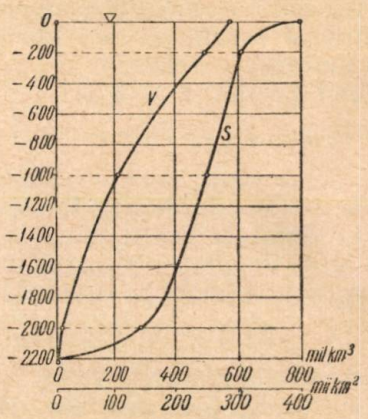


Fig. 3

din albia majoră și eventuale terase deluviale. Panta longitudinală I și lărgimea medie B se mențin aproape constante, când lungimea lacului este puțin importantă față de lungimea cursului văii.

Celelalte forme, mai frecvente decât parabola și anume, formele rectilinii, în special curba S formată din două segmente rectilinii au următoarea explicație :

Frântura liniei S se explică prin variația bruscă de pante a versanților datorită fie fenomenelor de eroziune, mai active la bază decât

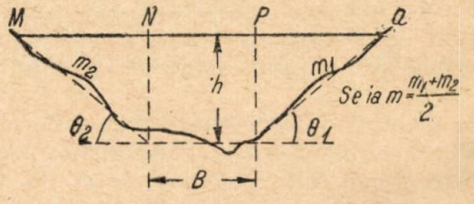


Fig. 4

spre culmi fie uneori și variației de stratificație geologică.

In ceeace privește caracterul linear al variației lui S, explicația este mai dificilă. Totuși

vom încerca să dăm unele justificări. Plecând dela forma trapezoidală a profilului, sunt trei cazuri posibile când parabola se reduce la o dreaptă. Astfel, dacă $m=0$ (versanți abrupți), formula (1) devine (1)' $S = \frac{Bh}{2I}$.

Deasemenea, dacă baza nu este constantă, ci scade spre amonte proporțional cu h, adică $B_0 - kh$, în loc de B = const., formula (1) devine

$$S = \frac{(B_0 + 2mh + B_0 - kh)}{2} \frac{h}{I} \qquad (1'')$$

și în cazul când $2m = k$,

$$S = \frac{B_0 h}{I} = \text{const.}$$

In fine, dacă panta I nu e constantă, ci crește liniar cu h, astfel ca $\frac{B+mh}{I}$ = const, atunci S = const. $\times h$, deci variația este tot lineară. Acest din urmă caz ne pare cel mai frecvent.

Formele curbelor din clasa II se explică ușor prin considerarea existenței fundului larg al depresiunii. Curba S nu este decât o formă conjugată a malurilor, având aceiași alură cu acestea.

Formele excepțional concave, în cazul barării văilor, pot totuși interveni, din jocul variației parametrilor m, B și I, în formula (1), deci chiar în cazul profilului trapezoidal.

Observăm că se mai pot reprezenta curbele S de prima clasă și printr'o funcție monomă:

$$S = nh^p$$

Se poate ca, în unele cazuri, o astfel de funcție să reprezinte în mod mai apropiat, forme deviate dela parabola patratică, totuși profilul trapezoidal, care corespunde parabolei, explicând mai bine genetic, formele întâlnite, nu vom face uz de formula monomă.

In rezumat, ca funcție de suprafață $S = F(h)$ pentru cuvetele din clasa I care sunt și cele mai frecvente în natură, se poate admite, ca fiind mai corespunzătoare realității: fie o funcție lineară, cu două serii de valori

$S = a_1 (h - h_0) = a_1 h - b_1$ pe segmentul AB
$S = S_1 + a_2 (h - h_1)$ pe segmentul BC (fig. 5)

sau

$$S = a_2 h - b_2;$$

fie o funcție parabolică

$$S = ah^2 + bh,$$

a și b având semnificațiile morfologice din formulele (2).

Intrucât curba S se obține grafic prin măsurători, dacă avem nevoe de expresiuni analitice, se vor folosi, după cum e cazul — pentru determinarea coeficienților din formule, fie identificarea în punctele caracteristice, fie metoda celor mai mici patrate.

3. Funcția topografică $V = \Phi$ (b). Aceasta este integrala lui S și cercetările de față în ce privește funcția V, sunt acele corelative cazurilor în care s'a studiat funcția S.

In ceeace privește forma curbei V, observăm deasemenea, două categorii, foarte diferite între ele:

a) când lacul este produs prin bararea unei văi;

b) când se folosește un lac existent al cărui fund se perforează.

In prima categorie, cu mult cea mai importantă, curbele V au aceiași alură, arătând mai

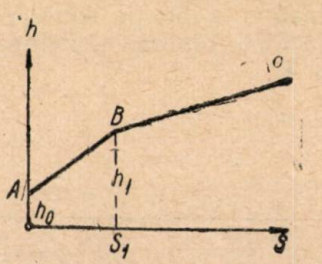


Fig. 5

întâi o creștere înceată a lui V în zona valorilor mici ale lui h și apoi o creștere din ce în ce mai puternică. Perturbările de formă ale curbelor S (ondulații, ruperi de pantă, depresiuni zonale) sunt abea perceptibile la curba V. Din motivele arătate la paragraful anterior pentru funcția S, rezultă că forma cea mai frecventă și mai apropiată de realitate a funcției V este binomul de gradul 3

$$V = ch^3 + dh^2$$

în care

$$c = \frac{m}{3I}; \quad d = \frac{B}{2I} \quad \text{și}$$

$$c = \frac{a}{3}; \quad d = \frac{b}{2}$$

(V. notațiile dela paragraful 2).

Desigur că V se poate exprima și printr'o funcție monomă $V = qh^r$, însă pentru motivele arătate la paragraful 2, această funcție reprezintă mai defectuos realitatea decât funcția binomă de gradul 3. In unele cazuri, expresia algebrică se apropie și mai mult de realitate, dacă S și V se anulează, nu pentru $b = 0$ ci pentru $h = h_0$ (diferit de zero cu câțiva metri V. curba Nr. 10 Carpați).

Observăm că funcția V, exprimată prin binomul de gradul 3, dă valori și mai apropiate de cele măsurate decât funcția S, binomă de gradul 2. Extrapolarea se face în acest caz cu și mai mare precizie. Iată câteva funcții V calculate, și valorile lor în raport cu cele măsurate. In tabela 1, se dau coeficienții c și d calculați prin 2 puncte date (măsurate) și valorile lui V, în celelalte puncte (calculate și măsurate).

Deși curba S diferă ca alură dela un baraj la altul (la nr. 19 e rectilină, la 15 curbă parabolică, la celelalte două segmente de drepte) erorile la punctele calculate sunt foarte mici (sub $\pm 4\%$), admițând pentru V aceași funcție (parabolică cubică).

4. Indicele de calitate a cuvetei $\varphi = \frac{V}{Sh}$ Acest indice se întrebuințează în studiile mai vechi. El variază însă în limite restrânse și după cum se va vedea, nu indică în general, o calitate anumită a cuvetei, de exemplu o mai bună folosire a suprafeței inundate.

Găsim însă o aplicație nouă, verificând justețea funcțiilor binome stabilite pentru mărimile S și V.

Inlocuind deci în expresia lui φ pe V și S prin expresiile indicate găsim :

$$\varphi = \frac{ch^3 + dh^2}{ah^3 + bh^2} = \frac{ch + d}{ah + b} = \frac{3ah + \frac{b}{2}}{ah + b}$$

$$\frac{d\varphi}{dh} = -\frac{ab}{6(ah + b)^2}$$

Din expresiile lui φ și $d\varphi/dh$ rezultă că, atunci când h crește dela 0 la ∞, φ descrește dela $\frac{1}{2}$ la $\frac{1}{3}$, între aceste valori extreme neexistând maxime sau minime.

Tabela 1

Valorile $V = ch^3 + dh^2$

(la câteva rezervoare din Carpați)

Nr. baraj	C^*	d	$h = 14$	34	44	64	
7	202	14 540	3,4 3,3 0	24,78 24,72 − 0,0024	45,77 45,2 − 1,03	110,3 110,3 0	măsurat calculat diferența %
			$h = 15{,}3$	45,3	65,3	75,3	
8	152,2	11 950	3,35 3,35 0	3736 38,36 + 3,4	93,45 93,45 0	132,76 132,4 − 0,23	măsurat calculat diferența %
			$h = 17$	37	52	62	
14	16,3	4 613	1,412 1,412 0	7,162 7,156 − 0,07	14,743 14,743 0	21,702 21,630 − 0,33	măsurat calculat diferența %
			$h = 10$	20	30	50	
15	148	4 927	0,641 0,641 0	3,173 3,155 − 0,57	8,856 8,440 − 3,68	30,859 30,859 0	măsurat calculat diferența %
			$h = 7$	17	27		
19	1 150	5 240	0,651 0,651 0	7,151 7,171 + 0,28	26,526 26,526 0		măsurat calculat diferența %
			$h = 25$	58	85	105	
20	962	62 000	53,787 53,79 0	339,0 2347,5 + 2,5 %	1630,7 1030,7 0	1721,8 1796 3,73	măsurat calculat diferența %

Cercetând diferite cazuri reale, se constată într'adevăr că φ variază în marea majoritate a cazurilor între aceste valori, totuși sunt și excepțiuni în afara acestor limite, dată fiind variabilitatea parametrilor de care depinde φ.

La forme depresionare de lacuri, cum ar fi Marea Neagră, φ variază dela fund spre adâncimea — 200, dela 0,7 la 0,8, scăzând la suprafață la 0,512.

Comparând cu corpurile geometrice, constatăm că φ este la prizmă = 1,0, la semisferă 0,667, la con cu vârful în jos $\frac{1}{3}$ și astfel se explică mai ușor de ce φ are valori ridicate la lacuri tectonice și valori mai mici obținute prin baraje pe râuri.

5. **Alte funcțiuni topografice.** *Lungimea lacului* $L = \frac{h}{I}$, I fiind panta medie a râului precum și lungimea $L' = L + \Sigma L$ afluenții lacului.

Centrul de greutate al volumului de apă, determinat prin cota sa $\overline{h}$ deasupra talvegului la baraj sau cota sub nivelul hidrostatic al retenției normale : $h - \overline{h}$

$$\overline{h} = \frac{\int_0^h hS\,dh}{V}$$

introducând funcțiile indicate mai sus

$$\overline{h} = \frac{\int_0^h h(ah^2 + bh)\,dh}{V} = \frac{\frac{ah}{4} + \frac{b}{3}}{\frac{ah}{3} + \frac{b}{2}}.$$

Din această formulă, ar rezulta că la baraje scunde, $\overline{h}$ poate scoborî până la $\frac{2h}{3}$ iar la baraje foarte înalte, $\overline{h}$ poate avea o valoare până la $\frac{3h}{4}$; la lacuri de depresiune, $\overline{h} \cong \frac{h}{2}$

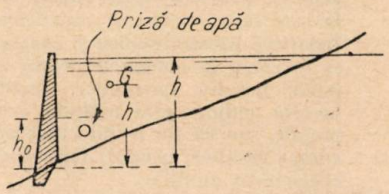


Fig. 6

Centrul de greutate al volumului de apă utilizat, dacă h_0 este nivelul minim la priză.

$$\overline{h} = \frac{\int_{h_0}^h hSdh}{V} = \frac{\frac{a}{4}(h^4 - h_0^4) + \frac{b}{3}(h^3 - h_0^3)}{\frac{a}{3}(h^3 - h_0^3) + \frac{b}{2}(h^2 - h_0 2)}$$

De funcțiile S, V, L și $\overline{h}$ ne vom servi în studiile ulterioare.

★

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ВОДОНАПОРНЫХ ПЛОТИН

Резюме

Исследуются кривые поверхности и объема регулирующих водохранилищ 43-ех объектов в Карпатах и Альпах. Подчеркиваются генетические факторы форм этих кривых и выводятся алгебраические функции наиболее соответствующие этим формам, для того чтобы энергетические исследования нуждающиеся в этих функциях, не основывались на идеальных случаях а были связанны с натурой.

EVITAREA AVARIERII ŢEVILOR FIERBĂTOARE ŞI DE ECRAN LA CAZANELE DE ABUR

Ing. C. DINULESCU

Ameliorarea condiţiilor de exploatare a instalaţiilor energetice prezintă o deosebită importanţă pentru continuitatea şi buna funcţionare a alimentării cu energie. Prevenirea şi evitarea avariilor poate aduce o mare contribuţie în această privinţă. Articolul de faţă, în care se cristalizează experienţa proprie din centralele Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice şi concluzii din studiul literaturii sovietice de specialitate, este menit să deschidă în coloanele acestei reviste o acţiune susţinută pentru evitarea avariilor în instalaţiile noastre energetice. Invităm deaceea, pe această cale pe cititorii noştri să sprijine această acţiune prin articole, comunicări sau discuţii, în care să fie împărtăşită experienţa proprie, sau să fie tratate probleme corespunzătoare ale instalaţiilor energetice de orice natură : cazane de abur, grupuri turbogeneratoare, instalaţii electrice de orice natură, ca şi a întregului echipament auxiliar.

(Din partea Redacţiei)

I. **Introducere.** Urmărirea statistică a avariilor de cazane, atât din ţară, cât şi din U.R.S.S., a dovedit că majoritatea lor sunt datorite spargerii ţevilor fierbătoare sau de ecran.

In cele ce urmează, ne propunem să arătăm cauzele posibile ale spargerii ţevilor, precum şi măsurile prin care ele pot fi combătute. Precizăm că atât explicarea cauzelor, cât şi indicarea măsurilor de remediere se bizue pe experienţa proprie din centralele Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice pe o perioadă îndelungată şi pe studiul literaturii sovietice de specialitate [1].

II. **Explicarea principală a cauzelor spargerii ţevilor fierbătoare şi de ecrane.** Prin situaţia lor, ţevile fierbătoare şi mai ales cele de ecran sunt supuse nu numai la o presiune interioară care poate să fie mare, dar şi la o solicitare termică ridicată provenind din radiaţia puternică la care sunt expuse.

Pentruca ţevile să poată rezista la această dublă solicitare, ele trebue să îndeplinească neapărat şi simultan următoarele condiţii :

a) metalul să fie suficient de curat în interior, pentruca temperatura sa, să fie cât mai apropiată de aceea a apei sau a amestecului de apă-abur ;

b) circulaţia apei sau a amestecului de apă-abur să fie stabilă şi suficient de activă pentru a antrena şi evacua. aburul produs.

Nerespectarea chiar numai a uneia din aceste două condiţii duce inevitabil la creşterea temperaturii şi apoi la spargerea ţevii, prin scăderea rezistenţei metalului sub valoarea solicitării rezultând din presiunea interioară.

Se ştie că, la temperaturi ridicate, rezistenţa oţelului - carbon din care sunt fabricate ţevile fierbătoare scade foarte mult, astfel încât la 500°C spre exemplu, rezistenţa la rupere nu mai este decât 1/15 din aceea normală.

Depuneri interioare de piatră, uneori neînsemnate, pot să provoace (la solicitări termice ridicate) creşterea temperaturii metalului până la 500°C sau şi mai sus ; alteori, creşterea temperaturii are loc la solicitări reduse prin încetarea sau reducerea foarte mult a efectului de răcire, de care este totdeauna însoţită o producţie redusă.

Uneori, responsabilii secţiilor de cazane explică avariile ţevilor fierbătoare prin „defecte de material", susţinând că : „ţeava era curată, nu avea piatră decât un strat de 2 mm", sau „cazanul nu a fost forţat, mergea cu sarcină foarte redusă", când tocmai aceste date explică singure adevăratele cauze şi anume :

— In primul caz : stratul de piatră de 2 mm este cu mult mai gros decât ar fi suficient pentru arderea ţevii (dacă solicitarea termică a ei este ridicată). Pentru a evidenţia acest lucru, dăm la sfârşitul acestui capitol un exemplu de calcul, din care se vede că la o temperatură în camera de combustie de 1250°C şi un strat de piatră de 0,3 mm, temperatura metalului atinge valoarea de 591°C în exterior, respectiv de 575°C în interior, la care metalul nu mai poate rezista presiunii interioare, întrucât rezistenţa scade practic la 0.

— In al doilea caz : funcţionând cu sarcină termică foarte redusă, circulaţia apei nu mai este suficient de activă (sau poate deveni instabilă dacă mai intervin şi alţi factori) şi deci răcirea nemai făcându-se normal, temperatura metalului creşte atingând valori periculoase. Cu foarte rare excepţii, „defectele de material" nu sunt decât pretexte pentru a disimula fie necunoaşterea fenomenului, fie o lipsă de aprofundare a modului cum s'a petrecut avaria.

Deşi cauza directă a spargerii este totdeauna aceeaşi (scăderea rezistenţei prin creşterea temperaturii metalului), cauza iniţială poate să fie diferită şi anume :

— deşi circulaţia este activă, stratul de piatră împiedecă răcirea ;

— deşi ţeava este curată, circulaţia este nesigură sau leneşă şi deci răcirea insuficientă.

Aceste cauze, iniţial diferite, pot fi identificate şi prin aspectul spargerilor şi anume :

a) Spargerile provocate de depuneri evoluează în timp, apărând mai întâi ca puncte luminoase pe generatricea cea mai solicitată a ţevii,

apoi ca umflături și însfârșit ca o fisură. Astfel de spargeri sunt mai frecvente la cazanele deservite cu apă insuficient de bine tratată, sau care nu sunt curățate periodic și radical și apar în general după forțarea producției la cazanele mai vechi.

b) Spargerile produse de circulația defectuoasă apar brusc, au caracter explosiv cu întindere mare și apar în general după sau chiar în timpul perioadelor de solicitare termică redusă, care produc sau favorizează perturbațiile de circulație. Astfel de defecte se produc chiar dela punerea în funcție a cazanelor care au o circulație nesigură sau lenește.

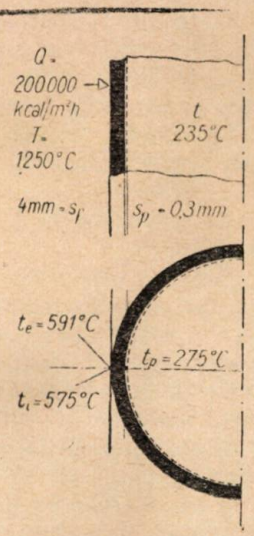


Fig. 1. Calculul temperaturii metalului la Q, = 200 000 kcal/m²h și Sp = 0,3 mm.

Printr'o examinare atentă, se poate descoperi dacă avaria este provocată de o exploatare greșită și dacă putea fi evitată prin respectarea anumitor măsuri de exploatare, sau dacă are la bază o deficiență de principiu și deci nu poate fi îndreptată decât prin modificări de ordin constructiv. In cele ce urmează, vom analiza succesiv cauzele depunerilor interioare de piatră și ale perturbării circulației și vom indica și măsurile de remediere.

Exemplu de calcul : Să se găsească temperatura metalului la o țeavă de ecran, ce lucrează în următoarele condiții :

Temperatura în camera de ardere	1 250°C
Presiunea de exploatare	30 at
Grosimea peretelui țevii	s_f = 4 mm
Grosimea stratului de piatră	s_p = 0,3 mm

Calculul fluxului caloric fiind complicat și lung, vom da numai rezultatul, care este : Q = 200 000 kcal/m²h și cu această cifră, vom verifica temperaturile pe drumul transmiterii de căldură.

Notații (fig. 1) :

T — temperatura în camera de ardere = = 1250°C ;

t_e — temperatura exterioară a metalului țevii ;

t_i — temperatura interioară a metalului țevii ;

t_p — temperatura interioară a stratului de piatră ;

t — temperatura amestecului de apă-abur ; în stare de vaporizare, această temperatură corespunde cu aceea de saturație și deci la presiunea de 30 at, t = 235°C ;

λ — coeficientul de conductibilitate : al fierului λ_f = 50 kcal/mh°C, al pietrei din care este format stratul λ_p = 0,2 kcal/mh°C ;

α — coeficientul de transmitere a căldurii dela țeavă la apă în stare de vaporizare prin convecție α = 5 000 kcal/m²h°C ;

C — coeficientul de transmitere dela gaze la țeavă prin radiație C = 4,2 kcal/m²h grad⁴.

Aplicând legea continuității la fluxul de Q = = 200 000 kcal/m².h, la o suprafață de încălzire de 1 m², obținem :

$$Q = 200\,000 \text{ kcal/h} = C\left[\left(\frac{T+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_e+273}{100}\right)^4\right] = \frac{\lambda_f}{s_f}(t_e - t_i) = \frac{\lambda_p}{s_p}(t_i - t_p) = \alpha(t_p - t)$$

sau în cifre :

$$200\,000 \text{ kcal/h} = 4{,}2\,[(12{,}50 + 2{,}73)^4 - (5{,}91 + 2{,}73)^4] = \frac{50}{0{,}004}(591-575) = \frac{0{,}2}{0{,}0003}(575-275) = 5\,000\,(275 - 235).$$

Rezultat : Temperatura medie a metalului țevii :

$$t_m = (t_e + t_i) : 2 = (591 + 575) : 2 = 583°C$$

III. **Spargerea țevilor provocată de depuneri interioare de piatră.** A) *Cauzele depunerilor interioare de piatră.* Cauzele depunerilor interioare de piatră sunt variate și multiple. Vom cita pe cele mai des întâlnite în exploatările centralelor noastre :

1. Alimentarea cazanelor cu apă brută sau insuficient tratată în perioadele de consum mărit de apă de alimentare și aceasta ca urmare a unei pierderi importante prin țevi sparte la cazane sau la economizoare.

2. Pătrunderea de apă brută în circuitul de apă condensată prin neetanșeități sau țevi sparte la condensatorii turbinelor.

3. Insuficiența instalațiilor de pregătire a apei de adaus ; debitul nominal al acestora fiind depășit, calitatea apei epurate nu mai este cea garantată.

4. Intreținerea necorespunzătoare și supravegherea superficială a instalației de dozare a reactivilor ce intervin în pregătirea apei ; din această cauză, amestecul cu apa de tratat nu se mai face nici în mod continuu, nici în proporțiile dorite.

5. Lipsa unui filtru sau decantor înainte de instalația de epurare (pentru perioadele de apă turbure) și proasta întreținere a filtrului fin după epurator.

6. Temperatura insuficientă în vasele de reacțiune și deci viteze reduse de reacțiune, ceeace

are drept consecință o dedurizare imperfectă a apei.

7. Defectări în interiorul epuratorului care provoacă scurtarea drumului de reacțiune, neefectuarea operațiilor de precipitare la timp și deci nu numai că epurarea apei nu-și atinge scopul, dar prilejuește pătrunderea în cazan a unei cantități însemnate de reactivi.

8. Supravegherea neconștiincioasă a instalației de epurare de către personalul de deservire și control insuficient sau superficial de către laboratorul chimic, al apei condensate, de adaus și din cazan.

9. Nemenținerea în apa din cazan a alcalinității și a excesului de fosfat necesare pentru protecția cazanului și pentru evitarea depunerilor.

10. Curățirea imperfectă a depunerilor de piatră, în special din țevile curbate ale ecranelor, cu ocazia reviziilor și a reparațiilor capitale.

B) *Măsuri de combatere a cauzelor depunerilor interioare de piatră.* Cauzele variate și numeroase expuse mai sus, care au consecințe foate grave atât asupra siguranței de funcționare, cât și asupra mersului economic și asupra capacității de producție, pot fi combătute prin următoarele măsuri :

1. Interzicerea categorică a alimentării cazanelor, chiar numai vremelnic, cu apă brută, netratată.

2. Controlul riguros al apei condensate și oprirea agregatelor la care apar neetanșeități la condensatori.

3. Punerea în ordine a instalațiilor de decantare, epurare și filtrare a apei de adaus, de amestec, etc.

4. Controlul sistematic și conștiincios al apei de adaus, de alimentare și din cazane.

5. Menținerea în permanență a excesului de fosfat în apa de alimentare și din cazane între limitele hotărîte de laboratorul chimic. In special, menținerea excesului de fosfat peste limita inferioară de 15 mg/l P_2O_5 este foarte importantă pentru limitarea depunerilor și protecția cazanului.

6. Curățirea radicală și periodică a țevilor la revizii cu mijloace eficace.

7. Reducerea solicitării cazanelor la apariția primelor simptome : puncte luminoase, umflături, etc., care indică că stratul de piatră a atins sau a depășit grosimea de 0,3 mm, care începe să devină periculoasă pentru țevile expuse la radiația directă a unei flăcări având temperatura de 1 200°C sau mai ridicată.

IV. **Spargerea țevilor provocată de circulația defectuoasă.** Atât în țară, cât și în U.R.S.S., s'au înregistrat avarieri de țevi de ecran perfect curate sau chiar noi și la sarcini de producție redusă. Cercetându-se amănunțit și sistematic, s'a putut stabili că astfel de avarii, caracteristice dealtfel și prin aspectul lor explosiv, se datoresc în majoritatea cazurilor unei perturbații de circulație, ale cărei efecte sunt amplificate în timpul producției reduse.

A) *Condițiile pentru obținerea unei circulații naturale active.* Pentru simplificarea expunerii, am introdus în cele ce urmează noțiunea de „contur fierbător", prin care se înțelege circuitul închis al unui ecran format din :

— tamburul superior al cazanului ;

— colectorul inferior al ecranului ;

— țevile coborîtoare, care aduc apa la colectorul inferior ;

— țevile fierbătoare (de ecran) ;

— un colector superior al ecranului ;

— țevile ascendente care duc amestecul de apă și abur în tamburul superior.

La unele cazane, conturul este simplificat prin suprimarea colectorului superior și a țevilor ascendente, evacuarea aburului produs făcându-se prin țevile de ecran direct în tamburul superior.

Pentru obținerea unei circulații stabile și intense într'un contur fierbător, trebue satisfăcute următoarele condiții :

a) înălțime motrice mare, deci diferență mare de nivel între tamburul superior și colectorul inferior al ecranului ;

b) rezistență hidraulică redusă a întregului circuit ;

c) un număr de țevi nu prea mare racordate la același colector ;

d) simetrie și uniformitate cât mai complectă între țevile legate în paralel din toate punctele de vedere ; al racordurilor la apă și la abur, al încălzirii și răcirii, al rezistenței hidraulice, etc. ;

e) raport convenabil între numărul și diametrul țevilor de ecran și acelea ale țevilor de alimentare și de evacuare ; pentru orientare, arătăm că — în cazul diametrelor egale — un raport convenabil este : 1 țeavă de alimentare la 4 țevi de ecran și 1 țeavă de evacuare la 3 țevi de ecran. Dacă diametrele nu sunt egale, raportul secțiunilor va fi :

$$S_a : S_{ec} : S_{ev} = 0{,}25 : 1 : 0{,}33 ;$$

f) diferență mare între greutatea specifică a apei în ramura descendentă (de aducere a apei) și ramura ascendentă (de evacuare a amestecului apă-abur), ceeace se obține printr'o vaporizare intensă în ramura ascendentă și o încălzire redusă, cel mult până la atingerea temperaturii de saturație a apei în ramura descendentă ;

g) un contur cât mai simplu și cât mai clar.

In concluzie, o circulație sigură și activă (ceeace se măsoară prin viteza de intrare a apei în țevile de ecran) se obține printr'o serie de caracteristici constructive și prin respectarea unor măsuri de exploatare : să nu se coboare sarcina sub o valoare minimă, elementele în paralel să fie uniform solicitate, etc.

B) *Cauzele de perturbare a circulației.* Principalele cauze, care pot produce perturbații de circulație, sunt următoarele :

1. De ordin constructiv :

a) punerea în paralel (prin colectoare) a unui număr prea mare de țevi și cu solicitări termice diferite ;

b) început de vaporizare în țevile de alimentare a colectoarelor ecranelor;

c) porțiuni de țevi orizontale sau slab înclinate;

d) colectoare intermediare la un același ecran; în general, circulația în ecranul inferior este sigură și activă, pe când în cel superior, circulația poate deveni foarte inegală între diferitele țevi;

e) disimetrii de diverse genuri între țevile cuplate în paralel:

— centura de aprindere, care nu acoperă toate țevile sau le acoperă pe înălțimi diferite. În caz de schimbare a calității cărbunelui și în special atunci când procentul de volatile este mai redus decât cel al cărbunelui, pentru care a fost proiectată camera de combustie, aprinderea este întârziată sau chiar nesigură. Pentru preîntâmpinarea acestui neajuns, se acoperă ecranele, total sau parțial, la înălțimea arzătoarelor cu o centură sau un brâu de material refractar, cu scopul de a reduce efectul de răcire al ecranelor;

— acoperirea parțială a unor țevi cu altele la ocolirea arzătoarelor;

— rezistențe hidraulice suplimentare la ocolirea arzătoarelor, vizorilor, etc.;

— la camerele de combustie cu pâlnii reci, țevile din colțuri au o înălțime de încălzire mai redusă ca celelalte.

2. De ordin de exploatare:

a) neetanșeitatea ventilelor de purjare a colectoarelor inferioare;

b) producerea fenomenului de „cavitație" în țevile coborîtoare, fie din cauza scăderii prea mari a nivelului în cilindru, fie din cauza unei viteze prea mari de intrare în țevi;

c) scăderea bruscă a presiunii, ceeace poate antrena vaporizarea în țevile coborîtoare și deci instabilitatea alimentării țevilor de ecran;

d) creșterea prea repede a presiunii, după o scădere bruscă, ceeace întârzie sau împiedică vaporizarea în țevile de ecran și deci și circulația este micșorată;

e) disimetrii de diferite feluri:

— depuneri de sgură inegale pe țevile aceluiași ecran;

— curățirea neuniformă a sgurii;

— răcirea exagerată a unor țevi la curățirea sgurii cu apă;

— disimetrii între arzătoare, pulsații la sosirea prafului, intrări false importante de aer în camera de combustie, etc.

Consecințele acestor perturbații pot să ia următoarele forme:

1. Circulația în sensuri inverse a apei și a aburului în interiorul aceleiași țevi.

2. Separarea aburului de apă în porțiunile orizontale.

3. Apariția „nivelului liber".

Prin apariția „nivelului liber", se înțelege fenomenul de separație a amestecului de apă și abur în interiorul țevii de ecran. Acest fenomen apare în cazul acoperirii cu sgură pe înălțime mare, începând de jos în sus la țevile de ecran, sau în anumite cazuri de circulație redusă în țevile fierbătoare ce intră direct în tambur. Dacă poziția „nivelului liber" cade în zona gazelor arse, atunci se produc spargeri de țevi deasupra „nivelului liber".

Toate aceste forme revin însă la același aspect: formarea de bule mari de abur care stagnează, sau se deplasează cu viteză foarte redusă.

Coeficientul de trecere a căldurii la abur fiind mult mai redus, creșterea temperaturii și apoi arderea țevii devin inevitabile.

C) *Măsuri de combatere a cauzelor de perturbare a circulației.* Pentru evitarea deranjamentelor de circulație enumerate mai sus, trebue luate următoarele măsuri:

1. Cu caracter constructiv:

a) la construcția cazanelor, se va fixa poziția arzătoarelor principale și secundare (pentru sarcină redusă sau pentru combustibilul de rezervă) în așa fel încât să se obțină o repartiție a flăcării cât mai uniformă la toate sarcinile;

b) țevile îndoite pentru ocolirea arzătoarelor trebue să aibă curbe line ($R/d = 8...10$, în care R este raza de curbură; d — diametrul țevii) și trebue să acopere pe o lungime cât mai mică țevile din spate (din planul de bază al ecranului). La aceste țevi îndoite nu trebue să se mai facă și alte curbe (spre exemplu, pentru ocolirea vizorilor sau a găurilor de vizitare);

c) disimetria, rezultată din cauza lungimii diferite a țevilor de ecran la cazanele cu pâlnie de răcire se poate remedia (cu ocazia unei reparații capitale) prin înlocuirea colectorului inferior cu trei colectoare mai scurte, din care cele două mărginașe să fie așezate mai sus decât cel din mijloc;

d) centurile de șamotă instalate pe ecrane trebue executate în așa fel încât ele să nu acopere țevile de colț ale ecranelor de pe pereții adiacenți;

e) la executarea orificiilor de curățarea sgurii, trebue să se asigure posibilitatea curățirii complecte a tuturor ecranelor și în special a țevilor de colț. Dacă orificiile existente nu sunt suficiente, se pot practica orificii suplimentare la prima reparație capitală.

2. Cu caracter de exploatare:

a) pentru fiecare grupă de cazane de aceeași construcție și de același debit de abur, trebue stabilită încărcarea minimă, la care procesul de ardere decurge stabil.

Determinarea limitei minime a încărcării se va face prin încercări speciale de exploatare efectuate cu personalul propriu al centralelor electrice sau al combinatelor, sau pe baza unor observații îndelungate de exploatare. Instrucțiunile de exploatare trebue să interzică funcționarea cazanului cu o încărcare mai mică decât cea minimă, sigur stabilă. O reducere mai mare a încărcării poate fi făcută numai cu aprobarea specială a inginerului șef al centralei electrice și numai pentru o perioadă scurtă;

b) la toate regimurile de lucru ale cazanului trebue să se asigure o supraveghere minuțioasă

a poziției corecte a flacării în focar, respectându-se regimul de aer prescris, încărcarea uniformă a tuturor arzătoarelor cu praf de cărbune și să nu se admită pulsații în funcționarea arzătoarelor;

c) dacă pentru reglarea sarcinii în sistemele energetice mari, cu un număr mare de cazane, se prevăd cazane separate, atunci acestea trebue să fie agregate care nu au avut în trecut nicio avarie din cauza perturbației circulației. Aceste cazane trebue să fie prevăzute, înainte de toate, cu o reglare automată complexă. Celelalte cazane trebue să lucreze după un grafic uniform la un regim prescris normal și sigur. In sistemele energetice cu un număr mic de cazane, în care există un consumator mare și având variații mari de sarcină, trebue să se prevadă cazane de reglare, într'un număr care să asigure repartiția variației mari a sarcinii, [illegible] se periclita stabilitatea în focarele cazanelor în funcțiune;

d) afară de lupta sistematică împotriva acoperirii generale de sgură a suprafețelor de încălzire prin radiație, trebue să se excludă posibilitatea formării locale de aglomerări sau fâșii de sgură, care să scoată din funcțiune, într'o măsură mai mare sau mai mică, diferitele țevi și panouri ale ecranelor, mai ales în partea de jos a țevilor;

e) la curățirea sgurii cu apă, nu trebue să se admită răcirea îndelungată și concentrată a diferitelor țevi;

f) dacă în focare există centuri de aprindere, starea lor trebue supraveghiată sistematic și minuțios. Pentru funcționarea sigură a ecranelor, este foarte primejdioasă deteriorarea unei părți din centură la un număr mare de țevi și pe înălțime mare; în acest caz, restul țevilor legate în paralel și cu centura nedeteriorată vor avea circulație slabă și deci vor fi expuse arderii.

In cazul apariției unor asemenea deteriorări, cazanul trebue oprit într'un termen cât mai scurt pentru repararea centurii de aprindere din șamotă.

Respectarea măsurilor de exploatare, indicate mai sus, asigură — în majoritatea cazurilor — o bună funcționare a ecranelor. In cazurile însă, în care — deși măsurile de exploatare sunt respectate — avariile de țevi nu dispar, se va face un calcul de verificare a circulației apei, atât la încărcarea maximă, cât și la cea minimă și se vor face modificările constructive ce vor rezulta ca necesare.

Una din cele mai simple măsuri și totodată suficientă pentru o serie de cazuri este secționarea ecranului, nesatisfăcător din punct de vedere al circulației (în special separarea pachetelor țevilor de colț în secții) prin instalarea unor pereți despărțitori în colectoarele superioare și inferioare, separându-se numărul necesar de țevi de aducere și evacuare pentru diferite secții. In cazul acesta, țevile de aducere la secțiile extreme trebue legate la tamburul cazanului. In special, această secționare este rațională pentru ecranele acoperite cu centuri de șamotă în trepte. Numărul țevilor de aducere și de evacuare necesare se poate stabili pentru fiecare caz concret din calculul circulației.

V. **Concluzii.** Rezumând cele de mai sus, se pot trage următoarele concluzii:

1. In modul actual de exploatare a cazanelor, spargerea țevilor reprezintă avaria cea mai frecventă.

2. Spargerile de țevi sunt consecința creșterii temperaturii metalului țevii până la o valoare la care rezistența scade sub solicitarea provenită din presiunea interioară.

3. Creșterea temperaturii metalului este provocată de scăderea locală a coeficientului de transmitere a căldurii dela metal la apă sau la amestecul apă-abur.

4. Coeficientul de transmitere a căldurii — respectiv de răcire a metalului — poate să scadă din două cauze:

— depuneri interioare de piatră, care au un coeficient de conductibilitate foarte redus;

— micșorarea sau chiar încetarea circulației apei sau a amestecului apă-abur.

5. Spargerile provocate de depuneri sunt lente, reduse ca dimensiuni și se produc la solicitări termice ridicate.

Spargerile provocate de circulația defectuoasă sunt violente, cu dimensiuni mari și se produc în perioadele de sarcini reduse.

6. Depunerile de piatră pot fi evitate în general numai prin măsuri de exploatare, care pot fi rezumate la controlul susținut al apei de alimentare.

7. Perturbațiile de circulație pot fi remediate în majoritatea cazurilor prin măsuri de exploatare; sunt însă și cazuri care comportă modificări constructive.

Bibliografie

[1] *Meicliar M. V.*: Avariile cazanelor cu abur din cauza defecțiunii circulației.

UN CĂRBUNE DE TIP BM DIN PUNCT DE VEDERE AL UTILIZĂRII LUI LA COMBUSTIUNE

Ing. LADISLAU SZEKELY

In articolul de față, în prima parte se face o descriere a unui cărbune brun de tipul BM (brun-mat), iar în partea a doua se arată utilizarea acestui cărbune la combustiune în cazanele cu abur, prezentându-se și o metodă practică de determinare a puterii calorifice cu ajutorul graficelor.

Cărbunele studiat, de tip BM (cărbune brun mat) este un cărbune brun relativ tânăr din oligocen. Are o putere calorică inferioară de 2 600 — 4 700 kcal, o umiditate 10—14%, materii volatile 20—35% și un conținut de cenușă 20 — 45%, (raportate la cărbunele ca atare. —brut—).

Exploatarea cărbunelui se face la adâncimi mici. Grosimea straturilor exploatate variază între 25—60 cm. Straturile de cărbune sunt intercalate între straturi de steril formate principial din silicați de aluminiu cu un conținut de carbon (circa 0,01%); deși neînsemnat, acest conținut de carbon contribue totuși la culoarea neagră și cenușie închisă a sterilului și-l face foarte asemănător cărbunelui în exterior.

Aceste straturi de steril în multe locuri se intercalează în straturi subțiri, în stratul principal de cărbune.

Sterilul cauzează variații mari a conținutului de cenușă respectiv a puterii calorifice. Afară de acest steril, cărbunele are inclus și cantități relativ mari de pirită (sulfură de fier).

In general, punctul de înmuiere a cenușii acestui cărbune este între 970—1 050°C. Punctul de topire variază dela 1 200—1 350°C. Mai jos este redată o analiză a unei probe de cenușă totală a cărbunelui, care este și o medie a cenușelor din acest cărbune :

Siliciu (SiO_2)	44,5 %
Aluminiu (Al_2O_3)	28,3 %
Fier (Fe_2O_3)	18,9 %
Calciu (CaO)	6,2 %
Magneziu (MgO)	1,8 %
Sulfat (SO_4)	1,7 %

La arderea în focare cu cameră, cenușa sburătoare este formată din silicați de aluminiu.

Sortarea cărbunelui se face după următoarele granulații : 0—10, 0—30, 10—16, 16—300 și 30—300 mm.

Separarea sterilului din cărbune pe cale mecanică, de exemplu prin spălare, nu se poate face tocmai din cauză că sterilul este intercalat intim în structura cărbunelui.

Dacă acest cărbune este depozitat timp mai îndelungat — mai ales vara — din cauză că este un cărbune tânăr și are un conținut de materii volatile destul de ridicat, începe degradarea, respectiv autooxidarea cărbunelui, care se manifestă — în primul rând — prin reducerea procentuală a substanțelor volatile și a puterii calorifice, precum și prin creșterea conținutului de cenușă.

Variația diferiților componenți (cenușă și umiditate) provoacă la un anumit cărbune întotdeauna o aceeași variație a puterii calorifice inferioare.

Presupunând că la cărbunele din același zăcământ masa combustibilă rămâne aceeași, ar

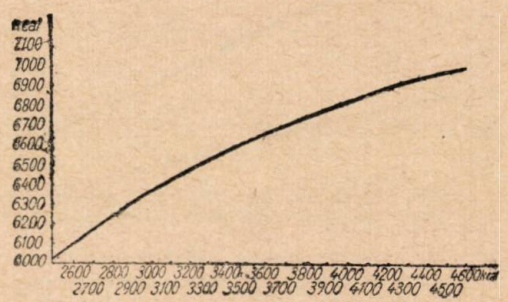


Fig. 1. Variația puterii calorifice raportată la masa combustibilă în funcție de puterea calorifică inferioară la un cărbune de tip BM.

trebui ca și puterea calorifică raportată la această masă combustibilă să fie constantă. Datorită însă faptului că ceeace noi determinăm drept cenușă nu corespunde în mod direct materialului anorganic ce se găsea în cărbune, ci doar provine din acesta prin modificări chimice adânci, se constată o variație a puterii calorifice inferioare.

Puterea calorifică inferioară, la rândul ei, este legată de diferite componente (cenușă, materii volatile, hidrogen, etc.) astfel încât — la compoziții suficient de constante ale materialului anorganic și a masei combustibile — la o anumită variație a uneia îi corespunde o aceeași variație a celeilalte.

Pentru acest cărbune de tip brun mat — BM — s'au întocmit curbele de variație a puterii calorifice inferioare, în raport cu variația câtorva componenți.

Aceste curbe, precum și calculele au fost întocmite din datele a peste 300 de analize.

a) In graficul din figura 1, se poate urmări variația puterii calorifice raportată la masa combustibilă în funcție de puterea calorifică inferioară a cărbunelui. Dupăcum se vede această variație este neobișnuit de mare. Curba este ridicată pentru un conținut de 12% umiditate totală, restul substanțelor necombustibile fiind alcătuite din cenușă.

Conținutul de masă combustibilă *) se determină din relația de mai jos :

$$mc = 100 - (Cen + Ut)$$

unde :

mc — % masa combustibilă ;
Cen — % cenușă ;
Ut — % umiditate totală.

Puterea calorifică, raportată la masa combustibilă, se află din relația :

$$Pi_{mc} = Pi_1 \frac{100}{100 - Ut_1 - Cen_1}$$

In graficul din figura 2, se poate urmări variația conținutului de cenușă totală (I) și

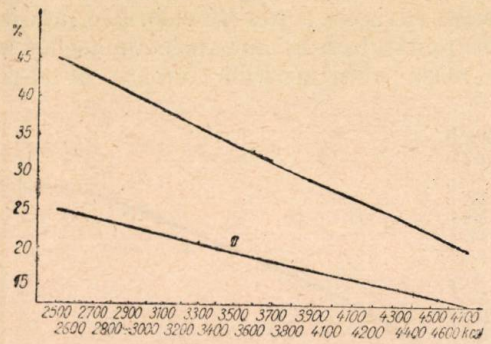


Fig. 2. Variația puterii calorifice inferioare a cărbunelui de tip BM, în funcție de conținutul total de cenușă și de conținutul de cenușă volantă.

cenușă volantă (II) la un conținut de umiditate de 12% în raport cu variația puterii calorifice inferioare

Calculul conținutului de cenușă s'a făcut după formula de mai jos :

$$Cen = \frac{G_1}{G} \times 100$$

în care :

Cen este conținutul de cenușă în % ;
G_1 — greutatea cenușii, în g ;
G — greutatea cărbunelui luat pentru determinare, în g.

Determinarea conținutului de cenușă sburătoare se poate face numai la exploatare deoarece în laboratoare este foarte greu a creia aceleași condițiuni.

Conținutul de cenușă sburătoare se poate afla din relația

$$V = Cen - Z$$

unde

V este conținutul de cenușă volantă ;
Z — conținutul de zgură.

c) In figura 3 este reprezentată variația substanțelor volatile raportat la cărbunele inițial în raport cu variația puterii calorifice inferioare a cărbunelui.

In graficul din figura 4 sunt reprezentate variațiile conținuturilor de sulf combustibil și de hidrogen, în procente, la cărbunele inițial cu un conținut de 12% umiditate, în raport cu variația calorifică inferioară.

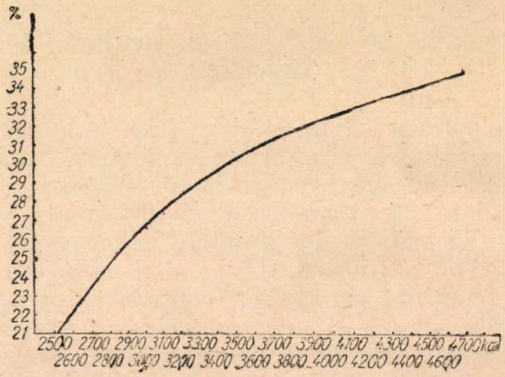


Fig. 3. Variația puterii calorifice inferioare la cărbunele de tip BM, în funcție de conținutul de materii volatile.

In general din punct de vedere al exploatării cazanelor de abur alimentate cu combustibil solid, variația calității cărbunelui constitue greutăți în funcționarea agregatelor.

Inrăutățirea sau ameliorarea calității cărbunelui în timpul exploatării, deci variațiile calitative, îngreunează menținerea unei arderi complecte și optime.

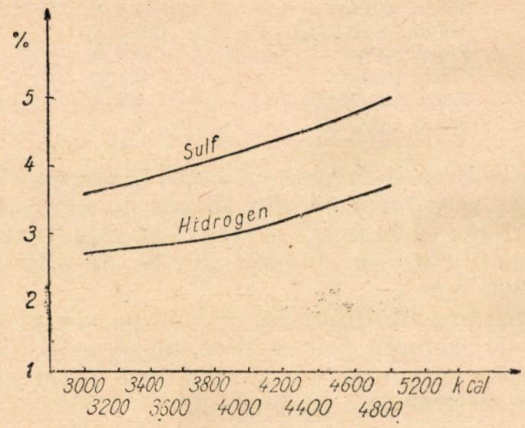


Fig. 4. Variația puterii calorifice inferioare la cărbunele de tip BM, în funcție de conținutul de sulf combustibil și de hidrogen.

Deosebit de reducerea puterii calorifice, creșterea procentului de cenușă conduce la mărirea cantității de sgură și de cenușă volantă.

*) N. R. Masă combustibilă convențională, căci la un conținut atât de ridicat de cenușă, influența acelor componente ale materialului anorganic ce pleacă la ardere (apa de hidratare, apa de cristalizare, CO_2 din carbonați, etc.) devine apreciabilă.

Aceasta trebue să fie de altfel și explicația variațiilor atât de mari ale puterii calorifice raportate la masa combustibilă (aproape 1 000 kcal). Se poate admite, din examinarea cifrelor prezentate de autor, că între masa combustibilă *reală* și cea convențioanlă există o diferență de aproape 1/7 la cărbunele cu maximum de cenușă.

putând provoca chiar și înfundarea focarelor și a fascicolelor de țevi.

In afară de aceste neajunsuri cu caracter economic și de exploatare, variația calității unui cărbune influențează mult și procesul de ardere și de urmărire a acesteia.

Pentru a putea urmări consumul specific de calorii al cazanelor și pentru a putea determina randamentul lor, este nevoie de a se cunoaște puterea calorifică inferioară a combustibilului întrebuințat.

Determinarea puterii calorifice a unei probe de cărbune se poate face prin analiza elementară a cărbunelui sau prin arderea în bomba calorimetrică.

Amândouă metodele necesită o aparatură specială, iar timpul necesar determinării și calculelor este destul de mare.

In schimb, pentru un sort de cărbune, care provine dintr'o singură mină, respectiv același strat de cărbune după o studiere aprofundată, se pot stabili grafice ca cele de mai sus, în urma cărora controlul calitativ al cărbunelui și al caloriilor consumate poate fi mult ușurat.

Aceste grafice mai au avantajul că ajută personalul care efectuează analizele fiind un control pentru eventualele greșeli ce s'ar ivi în timpul determinării.

Determinările de randament al cazanelor, când calitatea combustibilului întrebuințat trebue analizat pe durate de intervale cât mai scurte ($\frac{1}{2}$ oră până la o oră), se pot executa astfel mult mai frecvent și mai ușor.

Având întocmite asemenea grafice, se poate determina puterea calorifică inferioară, determinând numai conținutul de umiditate și cenușă și extrapolând puterea calorifică pe graficul respectiv.

Conținutul de umiditate și cel de cenușă se pot determina relativ ușor. Se poate lucra simultan la mai multe probe, afară de faptul că nu necesită o aparatură complicată, precum și mai puține calcule

Aceleași grafice pot servi și la determinările de consum specific, acolo unde nu se cere o exactitate prea mare și la recepționarea cărbunilor. Erorile pe care le reprezintă aceste grafice sunt în jurul a $\pm$ 50 kcal.

In concluzie, ar fi recomandabilă ridicarea unor curbe asemănătoare pentru toate sorturile de cărbune din țara noastră din motivele arătate mai sus, ele fiind de un mare ajutor personalului de explotare din centralele electrice cu combustibil solid.

★

УГОЛЬ МАРКИ ВМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ГОРЕНИЯ

Резюме

В настоящей статье, в первой части дается описание бурых углей марки ВМ (бурый-матовый), а во второй указывается использование этих углей как горючее в паровых котлах; дается практический способ определения калорийности посредством графиков.

REPARTIZAREA OPTIMĂ A SARCINILOR PE UNITĂŢI ENERGETICE INTERCONECTATE

Dr. ing. A. AVRAMESCU şi *ing. N. DECUSEARĂ*

Se evidenţiază importanţa economiilor ce se pot realiza în sistemele energetice din repartizarea raţională şi cu randament economic maxim a sarcinei totale de acoperit pe diferite unităţi care funcţionează în paralel şi faptul că de cele mai multe ori criteriul economiei maxime este neglijat în exploatarea curentă; se dau mai multe metode de a deduce pe cale analitică criteriul mersului în paralel cu maximă economie, făcându-se uz de calculul diferenţial, de cel al variaţiilor şi de o metodă originală bazată pe geometria analitică. Se încearcă apoi a se da o confirmare logică, prin raţionamente simple, a criteriului dedus. Se expun dificultăţile întâlnite la aplicarea criteriului în practica exploatării şi se indică metode grafice, tabelare, mecanice, electrice şi combinate pentru uşurarea calculelor şi adaptarea lor la variate condiţii concrete. Intre acestea se remarcă o metodă expeditivă grafică-mecanizată şi una experimentală pe un model reostatic de curent continuu.

1. **Generalităţi.** Exploatarea unei centrale sau a unui sistem energetic se face în mod corect ţinând în balanţă în fiecare clipă cele două criterii fundamentale ale tehnicei în general: siguranţa şi economia. Siguranţa se referă deopotrivă la instalaţiile în funcţiune, cât şi la continuitatea alimentării; aceasta fiind considerată de mulţi ca supremă lege a exploatării energetice, este de înţeles de ce în exploatarea curentă criteriul economiei nu se bucură totdeauna de atenţia cuvenită din partea personalului de exploatare. Cu toate acestea, economiile ce se pot realiza prin buna gospodărire a centralelor electrice în general şi din repartizarea optimă a sarcinilor pe unităţi, grupuri şi centrale în special, sunt foarte importante, din cauza caracterului de durată lungă a funcţionării într'un anumit regim. Intr'adevăr o îmbunătăţire a randamentului grupurilor mari cu fracţiuni de procente poate aduce într'un an economii foarte mari, după cum s'a văzut la compararea randamentelor noilor şi vechilor generatori de hidrocentrale, centrala hidroelectrică „Lenin" depe Nipru (Dnieproghes) (1).

Criteriile după care trebue condusă exploatarea unui mare sistem energetic sunt numeroase şi variate, iar ponderea cu care aceste criterii intră în cumpănă poate să varieze dela oră la oră. A găsi drumul just faţă de multitudinea cerinţelor şi condiţiilor antagoniste este o sarcină grea şi de mare răspundere. Deaceea cunoaşterea principială a criteriilor care stau la baza conducerii raţionale a exploatării sunt de o foarte mare importanţă. Numai cunoscând şi aplicând aceste criterii în mod just şi bine cumpănit se poate atinge în acelaşi timp un înalt grad de securitate şi o economie cât mai mare în exploatare.

In bătălia producţiei care se duce în ţara noastră pentru construirea socialismului, extinderea electrificării, creşterea continuă şi în ritm accelerat a cererilor de energie pun la o grea încercare sursele actuale disponibile de energie. Producţia trebue mărită într'un ritm atât de rapid, încât fiecare unitate nouă care intră în serviciu este dela început încărcată din plin. Cu toate acestea, prin caracterul intrinsec al sistemelor energetice, producţia nu este la îndemâna exploatării surselor, ci depinde numai de consumatori. Cu atât mai mult conducerea explaotării trebue să ţină seama de criteriul economic în producţie, deci de ridicarea randamentului general.

Randamentul unei centrale depinde de felul şi randamentul unităţilor care o compun. Dacă însă pentru o singură unitate curba de randament depinde de calitatea întreţinerii şi reglările diferitelor organe, astfel ca randamentul obţinut să fie cât mai apropiat de randamentul iniţial garantat de constructor, pentru o întreagă uzină sau un sistem, randamentul depinde în aceiaşi măsură şi de felul în care sarcina totală este împărţită între diferitele unităţi în funcţiune.

Repartizarea sarcinei pe unităţile producătoare de energie capătă deci o mare importanţă, deoarece pentru un grup dat de instalaţii rămâne mijlocul pentru realizarea unei producţii maxime cu un consum minim de resurse energetice.

In practica exploatării, metodele de a împărţi sarcina pe unităţi în paralel excelează în varietăţi şi în inconsistenţă. Criteriul economiei este deobicei sacrificat nu numai faţă de cel al securităţii dar de multeori şi din comoditate.

Din aceste cauze, este util a se analiza condiţiile în care se face coordonarea funcţionării în practică, a se trece în revistă diferitele metode de repartizarea sarcinilor, a se studia teoretic pe diferite căi de demonstraţie criteriul de repartizare optimă a sarcinilor cu scopul de a se trage concluzii privind conduita justă în exploatare. Acesta este obiectul şi scopul lucrării de faţă.

2. **Condiţiile şi cerinţele exploatării.**

2. 1. *Conditii de exploatare.* Repartizarea sarcinilor pe unităţile unei centrale sau mai multor centrale care lucrează în paralel într'un sistem este deobicei în mâna unui electrician şef, de serviciu în camera de comandă a unei centrale (deobicei cea mai importantă). Acesta conduce exploatarea, bazat în cele mai multe cazuri pe o *experienţă* vastă şi pe cerinţele manifestate cu mai multă sau puţină insistenţă de

conducătorii secţiilor de exploatare, cazane, turbine, generatori, sau a electricienilor de serviciu din alte centrale. Pentru exploatarea centralelor hidroelectrice există deobicei principii prestabilite, uneori şi pentru centralele termoelectrice de bază; dar în cele mai multe cazuri toate acestea sunt supuse ordinului electricianului dela „comandă" care, cu drept cuvânt, se numeşte „şef de orchestră", şi care este suficient să dea un singur ordin telefonic pentruca rezerve de zeci şi sute de mii de cai putere să intre în acţiune, sau să apese pe un singur buton pentruca sectoare întregi de alimentare să rămână fără tensiune.

Astfel fiind, este clar că exploatarea trebue să se desfăşoare după un program stabilit în prealabil de conducerea exploatării. Programul trebue întocmit la rândul lui pe baza unor *principii*, care să realizeze cumpăna justă între cerinţele securităţii şi ale economiei.

Presupunând că mai multe centrale având caractere diferite, de exemplu, centrale termoelectrice cu combustibil solid, lichid, cu motoare Diesel, centrale hidroelectrice cu acumulare mică sau mare, sunt interconectate printr'o reţea de transport, repartizarea sarcinilor pe diferite centrale devine o problemă care poate să se schimbe dela zi la zi sau dela oră la oră.

Având în vedere variaţiile cererii de energie, cât şi disponibilităţile de puteri diferite atât în exploatarea curentă cât şi pentru stabilirea unui plan de prevederi, trebue să se îndeplinească anumite condiţii de ordin tehnic sau economic de diferită importanţă şi urgenţă. Aceste criterii fixează anumite limite pentru sarcinile diferitelor centrale producătoare. Planul de repartizare a sarcinilor trebue făcut astfel, încât dând fiecărui criteriu importanţa ce i se cuvine după situaţia generală în acel moment, totalitatea derogărilor dela criterii să fie un minimum (2).

Câteva principii generale pentru aceste criterii sunt:

a) Centralele hidroelectrice pe firul apei se vor utiliza astfel încât întreaga energie disponibilă să fie utilizată integral (dispunerea la baza diagramei de sarcini).

b) Acelaşi lucru se poate spune despre centralele termoelectrice de bază având în vedere randamentul lor relativ mare.

c) Centralele termoelectrice de vârf se întrebuinţează cu un factor de utilizare redus, deci cu o putere relativ mare şi o energie relativ redusă (la vârful diagramei).

d) Centralele hidroelectrice se vor întrebuinţa astfel, încât în orice caz întreaga energie disponibilă în apă să fie utilizată cât mai bine. Pe lângă, aceasta se vor satisface şi următoarele cerinţe secundare:

— bazinul de acumulare trebue scăzut cât mai puţin pentru a economisi căderea eficace şi a mări prin aceasta randamentul;

— puterea instalată trebue să fie utilizată pe cât se poate integral pentru a economisi puterea instalată din celelalte centrale şi a prelua sarcinile variabile dela celelalte centrale.

Acest din urmă criteriu este important, având în vedere puterea instalată relativ mică a centralelor cu acumulare redusă, având un debit de apă foarte variabil.

In faţa unui număr atât de mare de condiţii la care se adaogă bineînţeles altele locale, din care multe stabilite prin rutină şi transmise fără a se şti precis din ce cauză apar, nu este de mirare că întrebarea atât de simplă pe cât de fundamentală a felului cum trebue să se repartizeze sarcina între unităţi care lucrează în paralel, pentruca economia să fie maximă, este şi rămâne neglijată şi uitată (3).

Autorii au constatat personal, că mai degrabă este tentat un inginer care nu stă în exploatare să-şi pună această problemă decât cei care se află în mijlocul grelei şi complicatei activităţi a conducerii exploatării centralelor sau sistemelor mari. Cu cât mai multe din interesele şi condiţiile locale apar evidente, cu atât mai greu este de a găsi loc pe deasupra lor principiului de economie maximă.

Pentru a putea trata această problemă după metode ştiinţifice este necesar ca ea să fie izolată şi examinată separat şi în mod principial. In acest fel problema se poate formula matematic şi rezolva cu ajutorul calculului diferenţial şi al teoriei variaţiilor (4). In acelaşi timp se pot deduce metode grafice şi expeditive pentru rezolvarea ei.

2. 2. *Metode practice de repartizarea sarcinei.* Au existat totdeauna tendinţe de a dirija exploatarea centralelor electrice după anumite reguli şi aceste tendinţe se refereau şi la repartizarea sarcinilor pe unităţile disponibile. Dar criteriile de repartizare nu erau deduse în mod ştiinţific, ci empiric. Probabil că bunul simţ al omului tehnic cu experienţă a găsit de multe ori calea justă în conducerea exploatării, dar această cale depindea foarte mult de calităţi subiective. Este de altfel remarcabil că principiul just de repartizare a sarcinilor pe unităţi nu este evident şi nu se deduce uşor prin raţionamente simple. In acest fel repartizarea sarcinilor se făcea din punct de vedere economic după o serie întreagă de criterii, dintre care enumărăm pe cele mai cunoscute.

Metoda sarcinei de bază constă în a încărca pe rând unităţile până la plină sarcină. Ordinea de punere în funcţie a unităţilor disponibile se stabileşte după curbele de randament astfel că întâi se pun în funcţiune unităţile cu un randament mai bun.

Metoda sarcinei cu randament maxim constă în a încărca pe rând fiecare unitate până la sarcina de randament maxim, la depăşirea căreia se porneşte altă unitate. Ordinea de punere în funcţie se stabileşte tot pe baza valorii randamentelor. La întrecerea sarcinei totale corespunzătoare randamentelor maxime se procedează după metoda de mai sus a sarcinei de bază încărcând pe rând până la plină sarcină diferitele unităţi.

Metoda sarcinei proporționale cu puterea nominală a unităților a fost mult timp considerată ca dând rezultatele optime, ceeace nu este exact. Repartizarea sarcinei pe unități se face totdeauna proporțional cu puterea nominală a fiecărei unități.

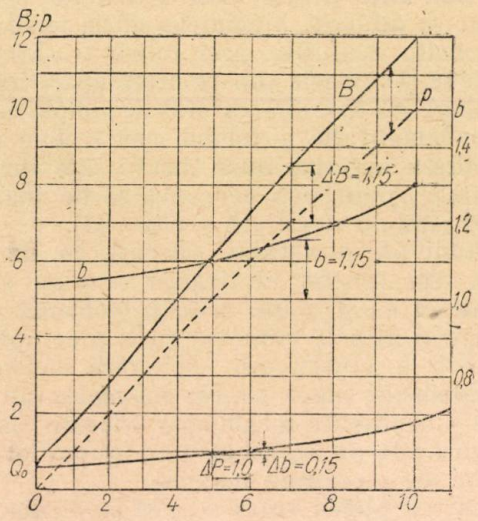


Fig. 1. Caracteristici absolute și relative ale unităților energetice.

Ordinea de pornire a unităților se stabilește după randamentul mai bun.

Metoda sarcinei proporționale cu puterea de randament maxim este o variantă a celei precedente la care repartizarea se face proporțional cu sarcina pentru care unitățile au randamentul maxim.

In afară de aceste metode practic se utilizează și altele, sau combinații de diferite metode, care, din păcate, nici una nu duc la rezultatul dorit, de a repartiza în mod continuu sarcina totală astfel ca pierderile totale să fie totdeauna minime.

Criteriul repartizării optime rezultă din examinarea și calcularea după metode științifice a problemei.

2. 3. *Curbe de consumație și de randament.* Comportarea unei unități energetice (cazan, grup generator, centrală, grup de centrale, sisteme etc.) se apreciază deobicei pe baza unor grafice, care dau o imagine a bilanțului energetic al unității respective. Se compară energia, sau mai bine puterea absorbită, cu energia sau puterea debitată de către unitatea respectivă, în diferite regimuri de exploatare, în speță pentru diferite valori ale puterii debitate, considerată constantă.

Comparația se face în diagrame pe *curbe* caracteristice (3) în speță (fig. 1):

— caracteristica de consum care reprezintă variația consumului orar de energie B în funcție de sarcina P;

— caracteristica pierderilor, care dă variația pierderilor orare de energie p în funcție de sarcina P;

— caracteristica de consum specific, care reprezintă consumul specific $b_s = B/P$ în funcție de sarcină;

— caracteristica creșterilor relative, care dă raportul $b = \mathrm{d}B/\mathrm{d}P$ în funcție de sarcină.

Acest din urmă raport al creșterii puterii absorbite față de creșterea puterii debitate este de mare importanță pentru repartizarea sarcinilor.

El are o analogie evidentă cu randamentul momentan $\eta = \mathrm{d}P/\mathrm{d}B$, fiind inversul lui.

Curbele caracteristice se stabilesc prin măsurători la probele de recepție în fabrică și în exploatare și se controlează prin măsurători ulterioare sau din statistica exploatării.

Cunoscând curbele caracteristici ale unităților care compun o centrală sau un sistem, se pot construi ușor curbele caracteristice ale sistemului respectiv. Puterea debitată P se măsoară deobicei în kW sau MW. Puterea absorbită se calculează la unități și la centrale termoelectrice în t/h abur consumat și se exprimă în Mkcal/h care se pot reduce la MW după formula cunsocută 1 MW = 0,860 Mkcal/h. Exprimând consumul și pierderile de putere în aceleași unități cu puterea debitată, în rapoartele caracteristice se elimină coeficienții datorați unităților.

In figurile 1 și 2 sunt reprezentate curbe medii de acest fel.

La centrale hidroelectrice puterea ab[illegible] 10)
se calculează din debitul de apă și înă[illegible] 10)
căderii.

Curbele de consum specific și de randament se modifică în cursul exploatării mai ab[illegible]
cazane și turbine. In consecință din p[illegible]
de vedere al stabilirii randamentului și alte
sumului de energie total și specific se impe
a se organiza din timp măsurători pentru [illegible]
bilirea curbelor caracteristice. După cum se

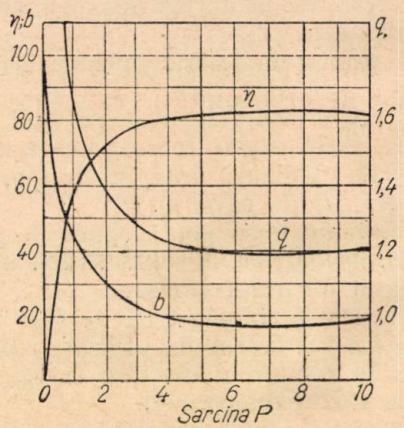


Fig. 2. Curbe de consum specific și de randament.

vedea mai jos, asupra repartizării optime a sarcinilor, aceste degradări ale unităților au un rol mult mai redus.

3. Metode pentru deducerea legii de repartizare optimă.

Principiile teoretice care dau repartizarea optimă a sarcinilor se pot deduce cel mai ușor

examinând întâi *două unități în paralel*. Metoda justă este foarte greu a se descoperi prin raționament logic, fără a se face apel la calculul matematic, Dupăce însă legea de repartizare se cunoaște, este relativ ușor a se deduce logic justețea ei.

Deducerea matematică se poate face pe diferite căi mai mult sau mai puțin complicate. Vom alege pentru început o cale mai ușor de înțeles, pentruca apoi să dăm o metodă analitică mai generală, care are însă o interesantă interpretare geometrică, ușor de urmărit de toți acei care cunosc principiile geometriei analitice.

Teoria variațiilor livrează baza matematică cea mai indicată pentru deducerea legii generale a repartizării (4). Cu rezerva că această teorie este puțin cunoscută între ingineri vom da deducerea ei și pe această cale, cu riscul că nu toate etapele vor apare complet clare.

3. 1. *Metoda analitică simplă.* Fie două unități (centrale electrice, cazane, generatori, etc.) în paralel debitând puterile reale P_1 și P_2, în timp ce absorb puterile B_1 și B_2, exprimate toate în aceleași unități, de exemplu kW. Atunci puterea total debitată va fi

$$P = P_1 + P_2, \tag{1. 1}$$

iar puterea absorbită în total

$$B = B_1 + B_2. \tag{1. 2}$$

convine că puterea totală debitată este riabilă independentă în timp, impusă de ea de putere a consumatorilor. Pentru un val suficient de scurt de timp valoarea ii cerute se poate considera constantă.

epartizarea optimă a sarcinilor se realizează atunci când pentru o putere debitată tă, puterea total absorbită de cele două uni-ți este minimă :

$$B_1 + B_2 = B_{min}. \tag{1. 3}$$

Se presupune că se cunosc curbele de consumații ale fiecărei unități, exprimate analitic prin relațiile :

$$\begin{aligned} B_1 &= f_1(P_1) \\ B_2 &= f_2(P_2) \end{aligned} \tag{1. 4}$$

Curbele respective se pot deduce ușor din curbele de randament

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{\mathrm{d}P_1}{\mathrm{d}B_1} = \varphi_1(P_1) \\ \eta_2 &= \frac{\mathrm{d}P_2}{\mathrm{d}B_2} = \varphi_2(P_2) \end{aligned} \tag{1. 5}$$

care sunt în general cunoscute.

Ținând seama de ecuația (1. 2), ultima din relațiile (1. 4) se poate scrie

$$B_2 = f_2(P - P_1)$$

și ca urmare ecuația (1. 2) se scrie

$$B = f_1(P_1) + f_2(P - P_1).$$

Valoarea minimă în funcție de variația puter P_1 de exemplu se obține prin anularea derivatei respective, anume

$$\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\mathrm{d}f_1(P_1)}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\mathrm{d}f_2(P - P_1)}{\mathrm{d}P_1} = 0. \tag{1. 6}$$

Derivata a doua se poate transforma scriindu-se ca funcție de funcție în felul următor :

$$\frac{\mathrm{d}f_2(P - P_1)}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\mathrm{d}f_2(P - P_1)}{\mathrm{d}(P - P_1)} \cdot \frac{\mathrm{d}(P - P_1)}{\mathrm{d}P_1} = -$$

$$= -\frac{\mathrm{d}f_2(P - P_1)}{\mathrm{d}(P - P_1)} \tag{1. 7}$$

deoarece P este în fond independentă de P_1.

Din această cauză ținând seama de relațiile (1. 4) condiția (1. 6) este îndeplinită atunci când :

$$\frac{\mathrm{d}B_1}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\mathrm{d}B_2}{\mathrm{d}P_2}, \tag{1. 8}$$

adică în acest caz randamentul total devine optim

$$\frac{P}{Q_{min}} = \eta_{opt} \tag{1. 9}$$

Raportului $\mathrm{d}B/\mathrm{d}P$ i se dă în general o denumire. In limba noastră termenul corespunzător ar putea să fie „raport de creșteri" sau „raport de incremente", sau mai bine, creștere relativă de consum, deoarece el reprezintă raportul creșterii puterii debitate față de creșterea puterii absorbite. Valoarea inversă dP/dB s'ar putea denumi ținând seama de definiția (1. 5), „randament relativ".

In concluzie conform legii (1. 8) pentru a obține un randament optim, două unități care lucrează în paralel, se vor încărca astfel încât „creșterile relative" să fie același la cele două unități (5).

Din cele de mai sus rezultă și alte concluzii. Punând în condiția (1. 8)

$$\frac{\mathrm{d}B_1}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\mathrm{d}B_2}{\mathrm{d}P_2} = \lambda \tag{1. 10}$$

prin însumarea termenilor

$$\mathrm{d}B_1 = \lambda\,\mathrm{d}P_1$$

$$\mathrm{d}B_2 = \lambda\,\mathrm{d}P_2$$

se obține $\mathrm{d}B_1 + \mathrm{d}B_2 = \lambda(\mathrm{d}P_1 + \mathrm{d}P_2)$

sau

$$\mathrm{d}(B_1 + B_2) = \lambda\,\mathrm{d}(P_1 + P_2)$$

egal cu $\mathrm{d}B = \lambda\,\mathrm{d}P$

$$\frac{\mathrm{d}B_1}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\mathrm{d}B_2}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}P} = \lambda. \tag{1. 11}$$

Rezultă că repartizarea optimă a sarcinilor are loc atunci când creșterile relative ale celor două unități sunt egale între ele și egale cu creșterea relativă a grupei de unități în totalitate.

Această grupă se poate extinde în mod logic dela două unități la trei și mai multe unități deoarece primele două unități se pot considera ca o subgrupă pentru care raportul de creșteri de consum se cunoaște global și se consideră că această subgrupă lucrează în paralel cu o altă unitate sau altă subgrupă ș.a.m.d. (7).

3. 2. *Metoda geometrică-analitică.* Repartizarea optimă pe două unități se poate deduce cu

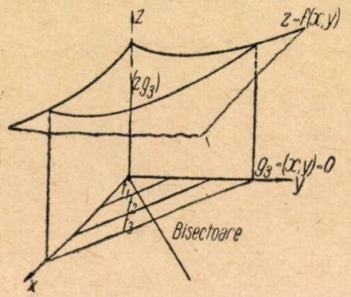


Fig. 3. Reprezentare geometrică

ajutorul geometriei analitice în felul următor:

In particular ecuația (1. 3) se poate scrie, cu luarea în considerare a ecuației (1. 4):

$$z = f_1(x) + f_2(y) \qquad (2.1)$$

și reprezintă o suprafață în spațiu (fig. 3).

Similar ecuația (1. 1) se scrie

$$t = x + y \qquad (2.2)$$

z însemnând consumația totală B, iar t puterea totală P. Puterile unităților P_1 și P_2 s'au notat cu x și y, Se cere a se găsi valoarea minimă a lui z în funcție de t.

Pentru o sarcină totală dată sau un t oarecare avem ecuația

$$x + y = \text{const.}, \qquad (2.3)$$

care reprezintă drepte perpendiculare pe bisectoare în planul (xy) așa cum s'a reprezentat în figura 3 pentru diferite valori ale constantei t_1, t_2, t_3 etc..

Ecuația

$$g = x + y - t = 0 \qquad (2.4)$$

reprezintă după regulile geometriei analitice planuri perpendiculare pe planul (xy) și care trec prin dreptele (2. 3).

Curbele de intersecție a planurilor g cu suprafața z sunt reprezentate analitic de ambele ecuații (2. 1) și (2, 4) care trebue să fie satisfăcute în mod simultan.

Geometric a găsi z_{min} înseamnă a găsi punctul cel mai apropiat de planul (xy) a intersecției suprafețelor g și z.

Pentru aceasta se exprimă analitic toate suprafețele u posibile, care trec prin curba de intersecție (gu)

$$u = z + \lambda g = f_1(x) + f_2(y) + \lambda g \qquad (2.5)$$
$$= f_1(x) + f_2(y) + \lambda(x + y - t)$$

Se caută acum valoarea minimă a lui u care are loc concomitent cu z_{min}, deoarece prin definiție $g = 0$. Pentru aceasta se anulează derivatele parțiale a funcției u față de x și y

$$u'_x = z'_x + \lambda = f'_1 + \lambda = 0$$
$$u'_y = z'_y + \lambda = f'_2 + \lambda = 0 \qquad (2.6)$$

de unde rezultă

$$f'_1 = f'_2 = \lambda$$

deci că tangentele la curbele f_1 și f_2 trebue să fie paralele.

In general dacă se dă o suprafață în spațiu având ecuația

$$z = f(x, y) \qquad (2.7)$$

și o condiție între x și y exprimată prin

$$g(x, y) = 0 \qquad (2.8)$$

care reprezintă un cilindru perpendicular pe planul (xy), atunci z_{min} se află scriind toate suprafețele care trec prin intersecția (fg) anume

$$u = f + \lambda g \qquad (2.9)$$

și anulând derivatele parțiale în funcție de x și y ale acestei expresii, adică

$$f'_x + \lambda g'_x = 0 \qquad (2$$
$$f'_y + \lambda g'_y = 0. \qquad (2.$$

Aceste două ecuații împreună cu (2. 8) per stabilirea valorilor x, y și λ care satisfac co diților impuse.

Metoda se poate extinde evident la mai mu coordonate, dar reprezentarea intuitivă ca rezultă clar din fig. 3 se pierde. Structura gene rală a ecuațiilor (27) și (28) permite a se trata cu această metodă nu numai relațiile între puteri și consumuri totale, dar și cele ale puterilor cu randamentele sau consumurile specifice.

3. 3. *Deducerea teoriei generale.* Fie un număr de n unități în paralel cu o putere absorbită totală de

$$B = B_1 + B_2 + \ldots + B_n \qquad (3.1)$$

și o putere în total debitată de

$$P = P_1 + P_2 + \ldots + P_n \qquad (3.2)$$

Atunci pentru a se afla valoarea minimă a mărimei B, cunoscându-se funcțiile

$$B_1 = f_1(P_1)$$
$$B_2 = f_2(P_2) \qquad (3.3)$$
$$B_n = f_n(P_n)$$

se procedează după metoda Lagrange a calculului variațional.

Considerând puterile absorbite și debitate B și P ca funcții de aceeași variabilă independentă, valoarea extremă a lui B se atinge când

$$\delta B(t) = 0 \qquad (3.4)$$

pentru care este necesar să se satisfacă ecuația diferențială a lui Euler și Lagrange [4]

$$\frac{\partial B}{\partial P} - \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial B}{\partial \dot{P}}\right) = 0 \qquad (3.\ 5)$$

unde s'a notat $\dot{P} = \mathrm{d}P/\mathrm{d}t$.

Ecuația (3. 2) este echivalentă cu o condiție la limită, care trebue îndeplinită concomitent cu ecuația (3. 1) sau (3. 4). Ea se poate scrie

$$F = P_1 + P_2 + \ldots P_n - p = 0 \qquad (3.\ 6)$$

și se ia în considerare în sensul că în ecuația Euler Lagrange funcția B se înlocuește cu $B + \lambda F$, unde λ se numește factorul lui Lagrange, care se stabilește ulterior din condițiile la limită.

In cazul nostru, dupăcum s'a amintit, dependența față de timpul t se poate neglija, dacă se iau în considerare numai variațiile lente ale puterilor și în intervalele de timp respective puterile se consideră constante. In consecință termenul al doilea în ecuația Euler-Lagrange se anulează și rămâne în loc de (3. 5).

$$\frac{\partial B}{\partial P} + \lambda \frac{\partial F}{\partial P} = 0. \qquad (3.\ 7)$$

Ținând seama că puterea absorbită de oricare unitate k nu depinde decât de puterea debitată de acea unitate și este independentă de puterile debitate de alte centrale i, rezultă :

$$\frac{B_k}{P_k} = b_k \quad \text{și} \quad \frac{B_k}{P_i} = 0 \ (i = k) \qquad (3.\ 8)$$

unde b_k sunt creșterile relative.

Introducând expresiile (3. 1) și (3. 2) în ecuația Euler-Lagrange și ținând seama de relațiile (3. 8) se obțin o serie de ecuații :

$$\begin{aligned} b_1 + &= 0 \\ b_2 + &= 0 \\ &\ldots\ldots\ldots \\ b_n + &= 0 \end{aligned} \qquad (3.\ 9)$$

din care rezultă :

$$b_1 = b_2 = \ldots = b_n = -\lambda \qquad (3.\ 10)$$

Cele n ecuații (3. 9) împreună cu ecuația (3. 2) reprezintă $n + 1$ ecuații din care se stabilesc puterile debitate ale fiecărei centrale P_1, $P_2 \ldots P_n$ și factorul lui Lagrange, care nu este altceva decât valoarea comună a creșterii relative de consum a fiecărei unități și a grupului întreg de unități.

Pentru ca valoarea extremă (3. 4) să fie un minim și nu un maxim, trebue ca derivatele parțiale ale expresiei (3. 1) în raport cu puterile debitate de unități să fie pozitive, ceeace înseamnă că în diagramele reprezentând puterea absorbită în funcție de puterile debitate curbele trebue să fie convexe văzute dinspre axa absciselor. In caz contrar această metodă de rezolvare nu dă rezultate sigure și trebue să se recurgă la o altă metodă.

3. 4. *Explicația criteriului de repartizare optimă.* In cele de mai sus s'a dedus criteriul just pentru repartizarea cea mai economică a sarcinilor pe centrale și unități. Creșterile relative a consumului trebue să fie egale la toate unitățile. Consumul se poate evalua în valoare absolută sau specifică, fără a impieta asupra

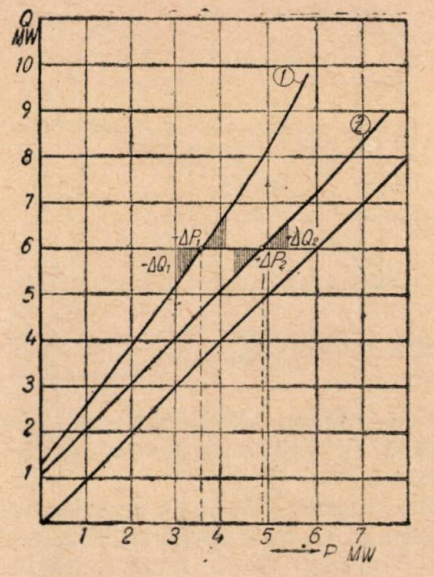


Fig. 4. Repartizarea neeconomică de sarcini între două unități.

valabilității legii de mai sus. Deci tangentele la curbele de consum total sau consum specific ale unităților sau centralelor trebue să fie paralele.

Acest rezultat nu este numai decât plauzibil și merită a fi discutat pe înțelesul tuturor. O demonstrație prin reducere la absurd se poate face cu ajutorul diagramei din figura 4.

S'au reprezentat curbele de consumație totală a două unități de construcție diferită având deci pantă și curbură diferită. Sarcina totală s'a repartizat astfel încât în mod evident tangentele la curbe nu sunt paralele, ci consumul grupurilor este egal. In punctele reprezentând încărcarea respectivă P_1 și P_2 a grupurilor s'a făcut un transfer de putere de ΔP_1 dela grupul 2 asupra grupului 1. Din figură se vede clar că scăderea consumului pe grupul 1 anume — ΔQ_1 este mai mare decât creșterea consumului + ΔQ pe grupul 2. Deci consumul total al grupurilor va fi mai mic.

Aceeași demonstrație se poate face dacă în loc de consumurile totale se lucrează cu consumuri specifice, De multe ori rezultă că la o mărire a sarcinei totale consumul total scade, demonstrându-se astfel în mod clar că repartizarea anterioară a puterilor a fost neeconomică.

In mod intuitiv criteriul creșterilor relative egale se poate explica în felul următor. Repartizarea trebue să fie de așa natură încât o creștere virtuală a sarcinei să o primească mașina care, la sarcina pe care o are, provoacă o creștere

relativă cât mai mică a consumului. Dacă n ar fi așa atunci consumul nou nu va fi minim. Pe de altă parte la creșterea sarcinei totale în continuare, mașina cu creșterea relativă minimă a consumului trebue încărcată mai departe singură, până când această creștere ajunge egală cu cea unei alte unități în paralel. Începând dela această situație încărcarea succesivă trebue să se facă astfel încât creșterile

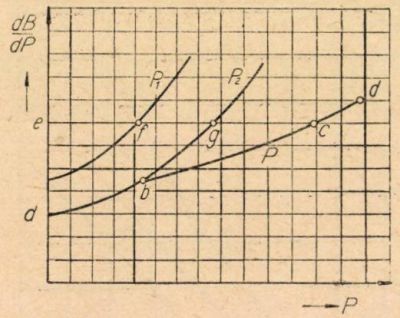


Fig. 5. Repartizarea optimă a sarcinilor pe cale grafică.

relative de consum să rămână egale până când se egalează cu creșterea de consum a unei a treia unități etc.

Rezultă până la sfârșit că repartizarea puterilor trebue să se facă astfel încât la o creștere virtuală a sarcinei totale toate unitățile în paralel să răspundă cu o creștere egală a consumului relativ sau specific. Dar acesta este tocmai criteriul repartizării optime.

4. **Metode practice pentru stabilirea repartizării optime.**

4. 1. *Dificultăți în aplicarea criteriului optim.* Cunoscând criteriul just de repartizare optimă a puterilor pe unități care funcționează în paralel, aplicarea pe concret nu prezintă dificultăți principiale, dar deobicei multe dificultăți de ordin practic. Intervine anume exploatarea cu multiple și variate condiții de funcționare a căror număr crește vertiginos cu importanța centralelor și sistemelor.

Plecând dela situația cea mai simplă a unor cazane care alimentează o serie de grupuri turbogeneratoare, reiese clar că diferitele construcții și mărimi de cazane și de turbine au curbe de consumație diferită. Mai mult curbele variază sezonier în funcție de temperatura exterioară, de temperatura apei de răcire de presiunea barometrică etc. Deci la stabilirea curbei de consumație și a curbei de creșteri relative a fiecărei unități trebue să se ia în considerare diferite situații posibile în exploatare. Apoi urmează diferite combinații posibile între unitățile din sala cazanelor și sala turbinelor, dictate de disponibilități (programul de revizii, mica întreținere, etc.).

In fine, modificarea felului și calității combustibilului poate introduce variații importante în curbele de consum.

Astfel pentru o singură centrală mai mare rezultă o serie întreagă de curbe de consumație. în funcție de situația momentană, care se poate schimba din oră în oră. Calculele care trebue să se efectueze pentru exploatarea justă din punct de vedere economic a unui mare sistem devin în aceste condiții foarte laborioase (13).

Pentru a ușura serviciul repartitorului de sarcină (dispatcher) s'au preconizat numeroase metode și dispozitive de natură analitică, tabelară grafică (14) și mecanică. Astăzi există dispozitive complet automatizate care reglează repartizarea sarcinilor pe unitățile în paralel (15). Costul unei astfel de instalații care leagă diferite centrale între ele prin canale separate de telecomunicații poate să fie foarte mare și aplicarea indicată numai la unități și sisteme foarte mari.

In cele ce urmează se vor trata câteva metode și dispozitive simple care permit simplificarea operațiilor de repartiție.

4. 2. *Metodă grafică simplă.* O metodă foarte simplă de a stabili repartizarea optimă a sarcinilor pe diferite unități este de a reprezenta grafic curbele creșterilor relative de consum în funcție de putere (fig. 5). Considerând două unități având curbele *1* și *2* se poate trasa o curbă *3* a ambelor unități, dacă se adună abscisele corespunzătoare aceleiași ordonate. Această din urmă curbă dă în abscise puterea totală, iar repartizarea se află imediat citind abscisele celorlalte două curbe care se află pe aceeași ordonată, adică aceleași creșteri relative.

Metoda se poate extinde la n unități (14), dar pentru valori mari a lui n intersecțiile devin proaste.

Diagrama se poate simplifica în cazul a două unități, dacă se utilizează ambele cadrane cu ordonate pozitive, pentru una dintre unități abscisele, adică puterile debitate, fiind contate dela 0 la stânga, iar pentru cealaltă dela 0 la dreapta (fig. 6).

Atunci se pot stabili distanțe între cele două curbe, care să corespunză unor valori întregi

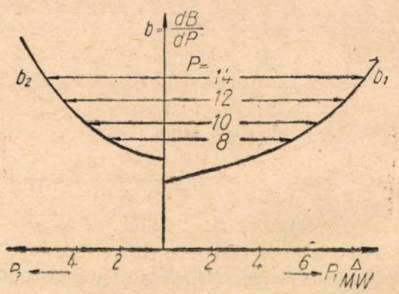


Fig. 6. Reprezentare rațională pentru repartizarea optimă a sarcinilor pe două unități.

a puterii totale. Puterile grupurilor se citesc în abscise pe partea negativă respectiv pozitivă.

4. 3. *Metoda grafic-tabelară.* Metoda creșterilor egale, dedusă analitic nu se poate aplica în mod general decât în cazurile când anumite condiții sunt îndeplinite. In cele ce urmează se indică o metodă care dă rezultate juste fără a cere îndeplinirea condițiilor respective. Metoda se ilustrează întâi pe exemplul a două unități și se extinde apoi la mai multe unități (12).

Inainte de toate se pune întrebarea în ce limite de putere are sens să lucreze unitățile în paralel? Intr'adevăr atât timp cât puterea cerută P este inferioară puterii maxime a grupului mai mic nu are rost a se discuta mersul în paralel, deoarece în astfel de cazuri puterea se acoperă deobicei de o singură unitate. Dacă nu intervin dificultăți de pornire s'ar putea ca, după ce unitatea mai mică este depășită, să se pornească unitatea mai mare, iar cea mică să fie oprită. Deci funcționarea în paralel interesează numai pentru puteri cerute ce întrec puterea unității celei mai mari și evident pentru puteri mai mici decât suma puterilor maxime ale celor două unități împreună.

Aceste relații se pot formula matematic introducând notațiile.

$P_{n\,min}$ — puterea minimă debitată de unitatea n;

$P_{n\,max}$ — puterea maximă debitată de unitatea n.

La două unități $P_{1\,min}$ se atinge când intervine $P_{2\,max}$ și invers, adică;

$$\left.\begin{aligned} P_{1\,min} &= P - P_{2\,max} \\ P_{2\,min} &= P - P_{1\,max} \end{aligned}\right\} \quad (4.1)$$

Sub aceste puteri livrarea unei puteri totale P de către ambele unități nu are sens. Peste aceste puteri repartizarea pe ambele unități se poate face în mod arbitrar, dar limitele disponibile pentru diferite repartizări scad pe măsură ce crește puterea cerută, pentru a se anula în momentul când puterea cerută a devenit

$$P_{1\,max} + P_{2\,max} = P_{max} \quad (4.2)$$

Această proprietate rezultă din relațiile:

$$P_{1\,max} - P_{1\,min} = P_{2\,max} - P_{2\,min} = P_{1\,max} + P_{2\,max} - P_{max} \quad (4.3)$$

care se deduc din (4.1) și (4.2).

Mersul optim în paralel se realizează pentru puteri $P < P_{max}$ prin stabilirea pe cale grafică și tabelară a tuturor combinațiilor și alegerea acelor combinații de puteri, pentru care puterea total absorbită este minimă. Pentru aceasta se recomandă următorul procedeu grafic-tabelar.

Pe câte o bandă de hârtie se înscriu tabelar puterile corespunzătoare relațiilor (1.4), stabilind aceleași trepte pentru puterile debitate P_1 și P_2. Dar sensul înscrierii puterilor P_1 și P_2 este invers, astfel că la alăturarea benzilor rezultă totdeauna aceeași sumă $P = P_1 + P_2$, care se schimbă imediat ce cele două benzi se mișcă una față de cealaltă. Pentru orice combinație de acest fel se caută repartizarea pentru care valoarea $B = B_1 + B_2$ este minimă.

Rezultatele se pot tabela și reprezenta și grafic în funcție de puterea cerută în total. Această metodă nefiind condiționată în prealabil, ca celelalte, dă rezultate valabile în orice caz. Ea permite a se stabili și dacă pentru livrarea unei puteri P mai mici decât puterea grupului celui mai mare este mai economic a se menține două unități în paralel sau a se lucra cu o singură unitate și cu care anume din două.

4.4. *Metodă grafică mecanizată.* Pentru a rezolva în mod expeditiv problema distribuirei sarcinei totale a unui sistem energetic pe diferite centrale, s'a imaginat următorul procedeu grafic mecanizat (13).

Curba creșterilor relative de consum este reprezentată în coordonate rectangulare având în abscise puterea produsă iar în ordonate logaritmii derivatei curbei de consum. Această curbă este transpusă pe o regletă transparentă proiectând orizontal ordonatele corespunzătoare puterii din 5 în 5 MW (fig. 7).

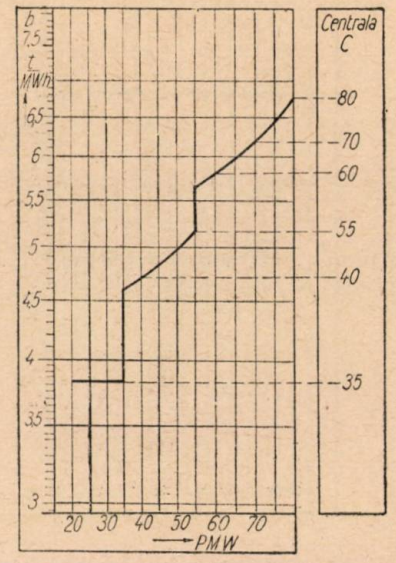


Fig. 7. Trecerea curbelor de consum relativ pe regletă.

Pe regletă se trec valorile puterii corespunzătoare ordonatelor. In cazul când derivata are o porțiune constantă (aa') se trec în dreptul nivelului respectiv puterile minimă și maximă (20—35 MW) între care derivata e constantă.

Datorită faptului că în ordonate s'au luat logaritmii derivatei curbei de consum, înmulțirea între această derivată și costul relativ al combustibilului utilizat se transformă într'o adunare între logaritmul costului unitar și logaritmii derivatei curbei de consum.

Regletele corespunzătoare fiecărei unități se pot introduce într'un panou unde fiecare regletă este ghidată în compartimentul respectiv. La baza fiecărui compartiment se găsește scara logaritmică a costului relativ de combustibil, astfel că înmulțirea între derivata curbei de consum și costul relativ al combustibilului se traduce printr'o translație a regletei până ce baza regletei se urcă la nivelul corespunzător costului unitar. Acest fapt corespunde cu adunarea celor doi logaritmi.

Variația costului combustibilului se traduce printr'o ridicare la un nivel corespunzător a regletei pe care este trecută derivata curbei de consum. Regletele unităților consumatoare de diverși combustibili se vor găsi la diferite

nivele corespunzătoare costului unitar al combustibilului. Pentru simplificare costul celui mai ieftin combustibil se poate lua ca bază de

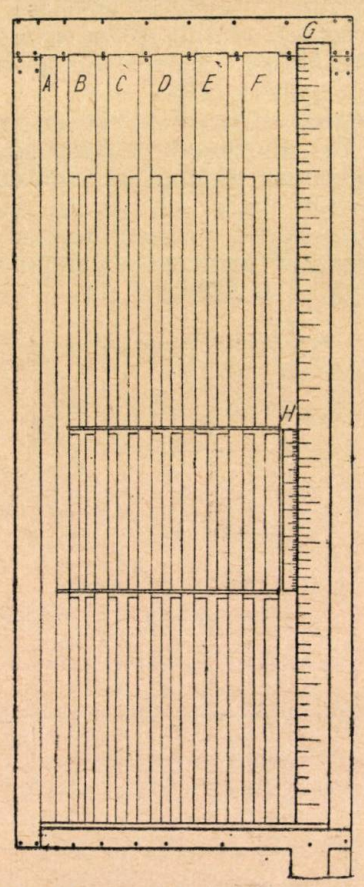


Fig. 8. Panou grafic mecanic pentru repartizarea optimă a sarcinilor într'un sistem energetic.

comparație, prețul celorlalți combustibili exprimându-se sub formă de rapoarte.

După ce regletele au fost așezate la nivelul costului unitar respectiv, sarcina totală pentru care derivatele curbelor de consum, deci creșterile relative, sunt egale, se deduce prin însumarea sarcinilor unitare care se găsesc pe aceiași orizontală și care sunt însemnate pe reglete. Pentru a se ușura citirea acestor sarcini unitare care se găsesc pe aceeași orizontală, panoul este prevăzut cu o linie orizontală transparentă (fig. 8) care culisează pe marginile panoului.

Panoul mai este prevăzut pe una din margini cu scara logaritmică a derivatei curbei de consum (scara *A*), iar pe cealaltă margine cu scara logaritmică a derivatei costului specific (scara *C*) lei/kWh rezultat din înmulțirea primei scări cu un preț unitar al combustibilului (lei/Mkcal), ales arbitrar.

Pentru un alt cost de combustibil decât cel ales la stabilirea scării *G* se poate folosi o regletă (*H*) solidară cu linia orizontală pe care se trece scara logaritmică a rapoartelor dintre prețul ales și un alt preț. Metoda răspunde în mod simplu și rapid la cerințele exploatării, diferitele combinații între unități traducându-se prin introducerea în panou a regletelor respective la nivelul prețului combustibilului respectiv.

4. 5. *Metodă experimentală pe model.* Metoda creșterilor egale, este aplicabilă când curba de consum este continuă și derivata curbei de consum este crescătoare și continuă. In caz contrar metoda creșterilor egale poate da loc la ambiguități care se pot înlătura în unele cazuri.

L. Binder a imaginat o metodă experimentală prin care repartizarea cea mai economică a sarcinei totale se face prin încercări asupra unui model electric al centralei sau sistemului (fig. 9).

Modelul se compune dintr'un număr de reostate r_1, r_2. . . r_n montate în paralel, corespunzând fiecare unei unități. Ampermetrii P_1. P_2 . . . P_n măsoară curentul care trece prin fircare ramură și care reprezintă sarcina unității respective.

Curentul total străbate apoi reostatul R și ampermetrul P care indică curentul total, deci sarcina totală a centralei

Sarcina totală indicată de ampermetrul P poate fi reglată cu reostatul R și repartizată după voință între diferitele ramuri corespunzătoare unităților prin reglarea reostatelor $r_1 \ldots r_n$. Datorit faptului că rezistența R are o valoare foarte mare în comparație cu rezistențele $r_1 \ldots r_n$, variațiile acestor rezistențe nu influențează în mod practic valoarea curentului total. deci așa cum este de dorit repartiția sarcinei pe diferite unități nu influențează valoarea sarcinei totale. In același timp prin variația uneia din rezistențe deci a sarcinei respective celelalte rezistențe își schimbă sarcina în consecință, astfel că sarcina totală rămâne aceiași. Astfel dacă micșorăm rezistența r_1 curentul I_1 crește, iar în celelalte ramuri scade astfel că suma curenților, deci sarcina totală rămâne neschimbată. In legătură mecanică cu

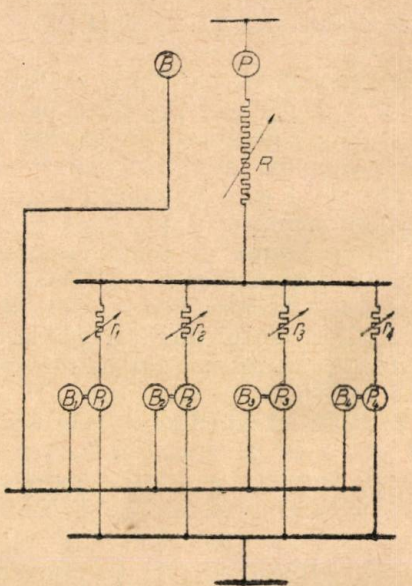


Fig. 9. Metodă reostatică (Binder) pentru stabilirea repartizării optime a sarcinilor.

fiecare ampermetru $P_1 \ldots P_n$ este câte un aparat $B_1 \ldots B_n$ care indică consumația uni-

tății corespunzătoare sarcinei arătate de ampermetru. Acest aparat poate fi un reostat al cărui cursor să fie reglat de poziția acului ampermetrului prin intermediul unei came al cărui profil este determinat de consumul unității respective în funcție de sarcină.

Tensiunea sau curentul reglat de aceste aparate este trecut printr'un aparat totalizator (un voltmetru sau ampermetru) care va indica consumul total al centralei.

Pentru a găsi repartiția optimă pentru o sarcină totală dată se procedează astfel :

Se reglează reostatul R astfel ca ampermetrul P să indice diviziunea corespunzătoare sarcinei totale P_t. Se variază valoarea rezistenței r_1; dacă consumul total indicat de aparatul B, scade, se continuă cu mișcarea cursorului până ce se atinge un minim și consumația totală începe să crească. Dacă consumul total crește, se inversează sensul de mișcare al cursorului rezistenței r_1. Se repetă aceiași operație asupra celorlalte reostate pentru a găsi minimum minimorum prin încercări succesive. Sarcinile citite la ampermetrii $P_1 \ldots P_n$ pentru această situație sunt sarcinile cu care trebue să se încarce fiecare unitate pentru a obține un consum minim.

Spre a obține repartiția sarcinei și pentru alte sarcini totale se repetă operațiile reglând de fiecare dată reostatul R la valoarea corespunzătoare sarcinei totale.

Dela o anumită sarcină se poate studia tot experimental dacă introducerea unei noi unități coboară consumul total și în acest caz cuplarea acestei unități devine indicată din punctul de vedere economic.

4. 6. *Instalații automate de repartizarea sarcinilor*. Pe lângă soluțiile analitice s'au imaginat aparate care să repartizeze automat sarcina pe unitățile în funcțiune conform metodei derivatelor egale, în vederea obținerii unui consum minim. Astfel de aparate nu numai că pot ușura serviciul exploatării prin simplificarea manevrelor, dar sunt utile mai ales la centralele automate sau telecomandate.

Metodele bazate pe transmisii mecanice au următorul principiu (fig. 10) :

Axul *1* este rotit de un unghi θ proporțional cu sarcina totală P. Pe acest ax sunt calate camele C_1 și C_2 al căror profil este determinat respectiv de funcțiile $P_1 = f(P)$ și $P_2 = f(P)$, unde P_1 și P_2 sunt sarcinile unitare. Mișcarea camelor se transmite prin leviere și cele două servomotoare la supapa de reglaj a turbinei (15).

Metodele bazate pe transmisii electrice sunt foarte comode. Principiul acestor metode este următorul : una din unități este unitatea conducătoare și celelalte unități se încarcă automat cu sarcina pentru care valoarea derivatei curbei de consumație este egală cu cea a unității conducătoare.

Acest lucru se realizează astfel : Un aparat în legătură mecanică sau electrică cu unitatea respectivă produce o tensiune continuă proprțională cu valoarea derivatei curbei de consumație. Această tensiune a unității conducătoare este aplicată în opoziție cu aceia a unității conduse în cele două înfășurări ale unui releu care acționează asupra motorului regulator de sarcină

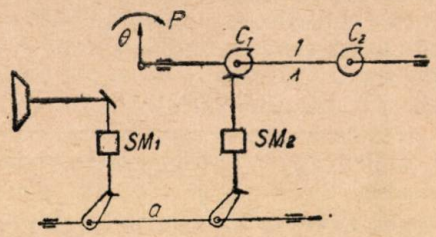


Fig. 10. Schema unui dispozitiv mecanic de repartizarea sarcinilor.

a unității conduse, până când cele două tensiuni sunt egale (fig. 11).

Tensiunea proporțională cu sarcina poate fi obținută fie printr'un potențiometru pus în directă legătură cu supapa de reglaj a unității, fie printr'un redresor. In acest din urmă caz redresorul este alimentat cu o tensiune alternativă proporțională cu puterea activă furnizată de unitate prin intermediul unor transformatori de măsură.

Această metodă are aplicații importante în cazul turbinelor unde vom reveni cu descrieri amănunțite.

Atragem deocamdată atenția ca în cazul aparatelor care distribue automat sarcina, mai ales când se bazează pe principiul ca una dintre unități să fie conducătoare, trebue să se ia măsuri speciale pentru a se evita oscilații ale unității conduse în jurul valorii puterii reglate, deci pentru a asigura stabilitatea sistemului.

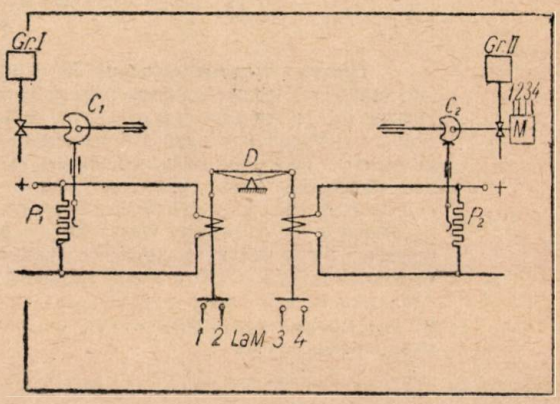


Fig. 11. Schema unui dispozitiv electric de repartizarea sarcinilor. Contacte pentru comanda motorului supapei de reglaj în ambele sensuri.

5. **Concluzii**. In exploatarea sistemelor electroenergetice există tendința de a se da o importanță mult mai mare criteriului securității instalațiilor și a continuității alimentării, față de cel al economiei maxime. Majoritatea personalului de exploatare nici nu cunoaște criteriul exact al repartizării celei mai economice a sarcinilor pe unități. In schimb economiile ce se pot realiza într'un sistem energetic din mersul cu

randamentul economic maxim sunt foarte mari. In acest sens deducerea, examinarea și expunerea posibilităților de aplicare a criteriului just de repartizare optimă a sarcinilor pe unități este de un real folos.

Criteriul repartizării optime, de a avea creșteri relative de consum egale pe unitățile în paralel, se poate deduce prin metode simple și generale, ușor de urmărit, făcându-se apel la analiza diferențială și la calculul variațiilor. In mod spontan el se descoperă greu, dar odată cunoscut se poate confirma prin raționamente logice simple.

Aplicarea practică și curentă a criteriului întâmpină dificultăți din cauza complexității condițiilor impuse de exploatare. Deaceea se impune a se utiliza metode grafice tabelare, mecanice, sau combinații între ele, spre a rezolva ușor marea varietate de probleme care se pun în fața repartitorului de sarcini.

Aplicarea practică a criteriului economiei maxime cere o abilitate în calcule care nu se poate obține decât prin deprindere și exerciții.

Bibliografie

(1) *Bololov V. V.*: Bazele teoretice pentru alegerea regimului optim din punct de vedere economic într'un sistem electromagnetic complex. Ed. Academiei de Ştiințe U.R.S.S. Moscova,1947.

(2) *Jdanov P. S.*: Stabilitatea sistemelor electrice. GEI, Moscova — Leningrad,1948.

(3) *Gorenstein V. M.*: Repartiția optimă a sarcinilor pe centrale electrice interconectate. GEI Moscova—Leningrad, 1949 (Ed. Energetica de Stat, 1953).

(4) *Lavrentiev M. A.* și *Lusternik*: Bazele calculului variațional. GEI, Moscova—Leningrad, 1950.

(5) *Saharov N. A.*: Metoda repartiției optime a sarcinei între generatori. Electricestvo, Nr. 5, 1927.

(6) *Ivanov E. A.*: Repartiția optimă a sarcinii pe agregate. Electricestvo, Nr. 3, 1930.

(7) *Steinberg M. I., Smith T. H.*: Teoria creșterilor relative și aplicarea ei practică la repartizarea sarcinilor. Electr. Engng. 53 (1954) 3, 432; 4, 571.

(8) *Gorenstein V. M.*: Metode pentru repartiția optimă a sarcinii între centrele care lucrează în paralel. Electriceschie Stanții, Nr. 12, 1937.

(9) *Vierer H.*: Legile planificării contribuției mașinilor și a repartizării optime a sarcinei și aplicarea lor. VDE — Fachb. 10, (1938) 164.

(10) *Gorenstein V. M.*: Metode pentru repartiția optimă a sarcinei reactive între două centrale lucrând în paralel și evidența pierderilor la repartiția sarcinilor reactive. Electriceschie Stanții, Nr. 2, 1953.

(11) *Gorenstein V. M*: Repartiția optimă a sarcinei reactive între un număr oarecare de centrale lucrând în paralel. Electriceschie Stanții, Stanții Nr. 3, 1938.

(12) *Hauffe G.*: Asupra repartizării optime a sarcinei generatorilor mergând în paralel. ETZ 60 (1939) 22, 731.

(13) *Johnson H. H., Umbenhauer M. S.*: Un dispozitiv de repartizarea sarcinilor. Edison El. Inst. Bull. (1939) 385.

(14) *Ricard I. P.*: Calculul programului de producție optim pentru uzinele hidraulice și termice care lucrează interconectate. Rev. Gen. Electr. 48 (1940) 167.

(15) *Cavalotti V.*: Câteva probleme de reglare automată a sarcinei în centralele hidroelectrice. L'Elettrotecnica 30 (1943) 8, 162.

(16) *Sadrov V. M.*: Repartizarea cea mai avantajoasă a încărcării mașinilor în funcțiune ale unei uzine electrice. Energeticeschii Bul. (1948), 12, p. 14—17.

★

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК МЕЖДУ КОЛЬЦОВАННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЕДИНИЦАМИ

Р е з ю м е

Подчеркивается значение экономии которая может быть обеспеченна в энергетических системах рациональным расспределением с наибольшей экономичностью общей нагрузки на различные единицы работающие параллельно и то обстоятельство что чаще всего критерий наибольшей экономичности игнорируется в текущей эксплоатации; даются несколько способов аналитического вывода критерия параллельной работы с максимальной экономичностью, применяя дифференциальный и вариационный расчет и дается оригинальный метод основанный на аналитической геометрии. Производится попытка дать логическое обоснование, выведенного критерия. Указываются трудности встречаемые при применении критерия в практике эксплоатации и даются графические, табельные, механические, электрические и комбинированные методы для облегчения рассчетов и их приспособление к различным конкретным условиям. Между ними выделяется скоростной графическо- механизированный метод а также и экспериментальный на реостатной модели постоянного тока.

METODA GRAFICĂ PENTRU CALCULUL MECANIC AL CONDUCTORILOR LINIILOR ELECTRICE AERIENE DE PESTE 1000 V

Ing. IOSIF KLIPP

In acest articol, se face o complectare la metoda Truxa pentru rezolvarea grafică a ecuației de echilibru ce intră în calculul mecanic al conductorilor liniilor electrice aeriene. Complectarea făcută ajută la rezolvarea, în mod grafic, a tuturor problemelor privind calculul mecanic al conductorilor în diverse ipoteze, pentru toate secțiunile și toate materialele curent întrebuințate la fabricarea conductorilor și este adaptată prescripțiunilor în vigoare din R.P.R.

I. **Calculul analitic al săgeților și dimensiunilor conductorilor.** In mod curent, calculul săgeților și al eforturilor specifice în conductorii liniilor electrice aeriene se face analitic, prin rezolvarea ecuațiilor clasice de gradul al treilea, de forma ;

$$\sigma^3 + \sigma^2 A = B \qquad (1)$$

în care

$$A = \frac{g_0^2 a^2 E}{24 s^2 \sigma_0^2} + \alpha E (t - t_0) - \sigma_0$$

iar

$$B = \frac{g^2 a^2 E}{24 s^2}$$

Cu ajutorul acestor ecuații, se determină efortul specific σ la temperatura de montaj t, în așa fel, ca la temperatura

$$t_0 = -5^\circ \text{C}$$

și la sarcina adițională :

$$g = g_0 + g_a + \text{vânt cu 10 sau 15 m/s}$$

să nu depășească valoarea σ_{max} admisă pentru deschiderea a aleasă, unde g_a este greutatea adițională la temperatura —5°C și care diferă dela o regiune meteorologică la alta.

La fel diferă dela o regiune meteorologică la alta și p_v, adică sarcina ce provine din presiunea vântului asupra conductorilor.

Rezolvând ecuația (1) obținem σ kg/mm² pentru diversele ipoteze, cu sau fără sarcină adițională, pentru diferite temperaturi, variind dela —30°C la + 40°C.

Valorile lui σ astfel determinate, se introduc în relația săgeții :

$$f = \frac{g_x a^2}{8 s \sigma}$$

unde g_x poate avea valorile g_0,

$$\sqrt{g_0^2 + p_v^2} \quad \text{sau} \quad \sqrt{(g_0 + g_a)^2 + p_v^2}$$

obținându-se astfel valorile corespunzătoare ale săgeților, valori care se pot trece sub forma unui tabel, pentru toate temperaturile și ipotezele ce interesează.

După cum se vede calculul analitic folosit în mod curent pentru determinarea elementelor conductorilor, este greoi, datorită rezolvării ecuațiilor de gradul al treilea, rezolvare care se face prin tatonări cu ajutorul riglei de calcul, necesitând pentru aceasta un timp apreciabil.

Deasemeni, rezolvarea calculului cere o atenție deosebită, pentru a se evita erori de calcul, foarte posibile, din cauza variației mari a elementelor ce intervin.

II. **Determinarea grafică a săgeților și eforturilor.** S'a pus în repetate rânduri problema de a găsi o metodă grafică completă. care să cuprindă toate variabilele ecuației de gradul al

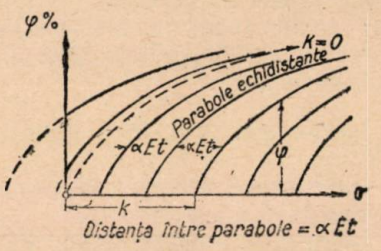


Fig. 1

treilea, metodă cu ajutorul căreia să se poată rezolva orice problemă de săgeată f și efort specific σ, în conductor, în funcție de

— deschiderea a ;
— sarcina specifică g_0 ;
— sarcina specifică $g = \sqrt{(g_0 + g_a)^2 + p_v^2}$;
— temperaturile t și t_0 ;
— coeficientul de alungire α și modulul de elasticitate E ;
— secțiunea conductorului s.

Din cercetarea literaturii tehnice scrise în acest sens, a rezultat— după o serie de calcule și reprezentări grafice — că metoda Truxa este cea mai corespunzătoare unei reprezentări grafice în condițiile prevăzute de prescripțiile în vigoare, pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică peste 1 000 V.

In metoda sa, Truxa rezolvă ecuația (1) făcând anumite înlocuiri și anume :

Notează cu

$$\gamma = \frac{g_0}{s} \frac{\text{kgml}}{\text{mm}^2}; \quad \gamma_0 = \frac{g}{s} = \frac{\text{kgml}}{\text{mm}^2}$$

$$\varphi = \frac{f}{a} = \frac{\text{săgeata}}{\text{deschidere}}$$

Inlocuind în ecuația (1) și (2) rezultă după simplificări următoarele două ecuații :

$$\sigma - \frac{8E}{3}\varphi^2 = K - \alpha Et \qquad (3)$$

$$\varphi = \frac{a\gamma}{8\sigma} \qquad (4)$$

Aceste ecuații reprezintă două serii de curbe și anume :

— Ecuația (3) reprezintă o serie de parabole echidistante identice, cu distanța între ele dată de αEt, pentru $\sigma = 0$, la distanța k de origină

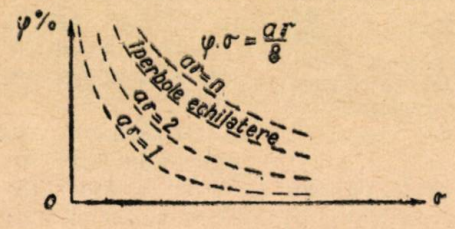


Fig. 2

— Ecuația (4) reprezintă o serie de hiperbole echilatere.

Suprapunerea celor două familii de curbe, reprezintă abaca lui Truxa.

Aceste curbe însă nu rezolvă integral problema în mod grafic, adică determinarea lui φ și σ în funcție de :

g_0 — greutatea proprie a conductorului, în kg/m,
g — greutatea conductorului cu sarcină adițională și vânt ;
s — secțiunea conductorilor, în mm² ;
a — deschiderea panoului, în m ;

întrucât, pentru fiecare caz, trebue să calculăm valorile :

$$\gamma_0 = \frac{g}{s} \quad \text{și} \quad \gamma = \frac{g_0}{s}$$

și produsul

$$a \cdot \gamma_0 \text{ și } a \cdot \gamma$$

Aceasta înseamnă, că pe lângă graficul lui Truxa, trebue să folosim o serie de tabele ajutătoare, cu valorile :

$$s\ ;\ g\ ;\ g_0\ ;\ \gamma_0\ ;\ \gamma\ ;\ a\cdot\gamma_0 \text{ și } a\cdot\gamma$$

pentru fiecare secțiune de conductor, fiecare deschidere de panou și fiecare regiune.

Valorile astfel găsite pentru produsul :

$$a\cdot\gamma_0 \text{ și } a\cdot\gamma$$

nefiind chiar pe curbele reprezentate grafic, urmează să se interpoleze între două curbe — iperbole echilatere — ceeace conduce iarăși la o serie de erori.

Deasemenea, calculele făcute pentru aplicarea metodei Truxa, duc la o serie de erori și cer folosirea tabelelor ajutătoare, deci întocmirea lor.

Pentru evitarea acestor neajunsuri și anume :
— căutarea valorilor în tabele
— calcularea elementelor ajutătoare graficului Truxa ;
— eliminarea greșelilor de calcul și interpolare
— scurtarea timpului de lucru

s'au întocmit patru grafice, corespunzătoare fiecărui material curent întrebuințat la confecționarea conductorilor ;

cupru, oțel, oțel-aluminiu și aluminiu.

în care sunt trecute direct valorile lui $a\cdot\gamma$ și $a\cdot\gamma$ pentru conductorii standardizați, dela $s = 16$ mm² și până la $s = 120$ mm² și deschiderile din 10 în 10 m pentru ambele regiuni meteorologice și anume :

— dela $a = 30$ m la $a = 300$ m pentru OL — AL
— dela $a = 10$ m la $a = 100$ m pentru AL
— dela $a = 10$ m la $a = 400$ m pentru cupru și oțel.

In felul acesta s'a ajuns a rezolva grafic în mod integral, problema conductorilor, cu ajutorul unei singure diagrame pentru același material, diagramă din care se pot extrage printr'o simplă citire — fără vreun calcul ajutător — toate elementele cerute de calculul mecanic al conductorilor.

Cele patru grafice întocmite pentru fiecare material indicat mai sus, au fost completate cu încă un grafic de forma celui din figura 3, cu ajutorul căruia se poate determina direct deschiderea critică a oricărui conductor. în funcție de efortul specific maxim admis.

Aceste deschideri critice calculate au fost trecute și pe cele patru grafice în colțul din dreapta al fiecărei abace corespunzătoare conductorilor de OL, Cu, OL—AL și AL, pentru

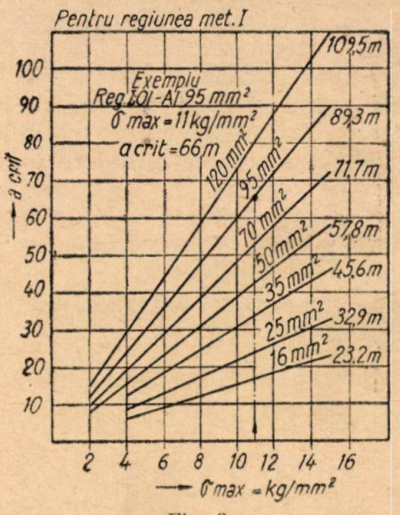


Fig. 3

diferite valori ale lui σ_{max} ; corespunzătoare celor două regiuni meteorologice.

Exemplu : Pe planșa curbelor conductorului de cupru — regiunea meteorologică II — pentru $\sigma_{max} = 20$ kg/mm² și $s = 16$ mm², găsim că deschiderea critică este : $a_{crt} = 39$ m.

IMPORTANŢA UZINELOR FLUVIALE PENTRU ELECTRIFICARE ŞI ALTE FOLOSINŢE

Prof. dr. ing DORIN PAVEL
Laureat al Premiului de Stat

Se arată rolul şi importanţa uzinelor fluviale; din exemplificări rezultă că acestea sunt cele mai economice, cele mai puternice surse de energie, că pot funcţiona şi ca uzine de vârf aşa cum dovedesc lucrările hidroelectrice fluviale gigantice realizate în U.R.S.S.

Pe măsură ce creşte consumul de energie şi în consecinţă se extinde electrificarea prin construirea de noi centrale electrice, amenajările dobândesc importanţă tot mai preponderentă, deoarece în fazele avansate ale creşterii producerii de energie, uzinele hidroelectrice [1]) preiau cote tot mai prepondcrente de energie electrică, iar termocentralele trec treptat în rezervă şi pentru nevoile vârfurilor de consum.

Acest fel de desvoltare a electrificării, aşa cum rezultă din învăţăturile lui Lenin şi ale tovarăşului Stalin, este astăzi pe deplin dovedit de electrificarea înaintată, în U.R.S.S. şi de realizarea unor uzine hidroelectrice, gingatice, de tip fluvial pe Volga, Nipru, Kama, Angara, Amur, etc., culminând în prezent cu lucrările dela Kuibîşev şi Stalingrad care împreună vor produce rotund 20 miliarde kWh/an, la o putere instalată de aproape 4 milioane kW.

La întocmirea Planului de Electrificare, în curs de realizare în Republica Populară Română, s'a ţinut seama de desvoltarea aceasta şi de perspectiva marilor lucrări hidroenergetice combinate cu cele hidroelectrice, aşa cum se vede în Raportul tovarăşului Gheorghe Gheorghiu Dej [2]).

DIFERITE GRUPE DE UZINI HIDROELECTRICE

Este util a se arăta aici numai grupele mari de uzini hidroelectrice, fără a le subîmpărţi în numeroasele tipuri, anume:

— Uzinele de bază, denumite şi „pe firul apei", amenajate în cascadă, în cele mai multe cazuri pe cursul mijlociu şi inferior al râurilor, având în amonte una sau mai multe uzine de vârf;

— Uzinele de vârf, cu „retenţii" în lacuri artificiale, care după gradul de compensare a debitelor consumate, faţă de cele disponibile, se subîmpart în uzine hidroelectrice cu retenţii supraanuale, anuale, sezoniere, săptămânale, zilnice.

— Uzinele de supravârf, realizate prin pompare şi refolosire hidroenergetică;

— Uzine hidroelectrice fluviale, care pot funcţiona fie ca uzine de bază, fie ca uzine mixte: bază plus vârfuri zilnice sau săptămânale.

In practică întâlnim diferite cazuri complexe, când se contopesc în aceiaşi amenajare două, sau mai multe grupe.

Fiecare din grupele mari de mai sus se subîmpart în numeroase tipuri şi subtipuri.

ROLUL UZINELOR FLUVIALE

In primele faze ale electrificării s'au desvoltat numai instalaţii pe firul apei, deobicei de puteri modeste, apoi acelea cu acumulări mici, trecând treptat la acumulări tot mai importante, până la cele cu retenţii supraanuale. Din ultimul tip face parte cea mai mare realizare a Planului nostru de Electrificare „Uzina V. I. Lenin", cu barajul uriaş pe Bistriţa.

Pe lângă desvoltarea ulterioară a amenajărilor hidroelectrice complexe, prin combinarea de diferite tipuri între primele două grupe: de bază şi de vârf, s'a desvoltat mai recent grupa uzinelor, cu acumulare prin pompare hidroenergetică. Acestea folosesc energia deşeu, din orele, zilele, săptămânile sau sezoanele, când disponibilul depăşeşte consumul, pentru a pompa apă în mari rezervoare sau lacuri. Prin aceleaşi lucrări hidrotehnice (galerii, canale, conducte, conducte forţate), care au servit pompării, se alimentează apoi grupuri electrogene: turbine şi generatori, montate în aceeaşi clădire de centrală cu electropompele, producând energie de mare vârf, foarte preţioasă.

Mai târziu s'a dat atenţie şi amenajărilor fluviale, desvoltându-se astfel a patra grupă. Desigur au existat încă de acum 5 decenii uzine de acest tip, pe râuri mai mari sau chiar pe fluvii, însă acestea, prelucrând căderi foarte mici şi debite relativ mici, în comparaţie cu acelea disponibile, aveau puteri reduse.

Resursele hidroenergetice a fluviilor sunt însă extraordinar mult mai mari ca acelea conţinute în cursurile de apă cu căderi mijlocii, sau mari, însă cu debite mici.

Folosirea raţională şi cât mai integrală a energiilor considerabile în sectoarele fluviale,

[1]) Se denumeşte generic „Uzină hidroelectrică", ansamblul lucrărilor constructive şi instalaţiilor electromecanice, începând cu barajele, captările, canalizările, uvrajele şi terminând cu „Centrala" propriu zisă, care cuprinde unităţile electrogene cu toate instalaţiile aferente. Expresia, „Centrală termoelectrică", exprimă faptul că toate construcţiile şi instalaţiile, formează un complex strâns împrejurul Centralei.

[2]) Gheorghe Gheorghiu Dej: „Raport asupra planului de electrificare a ţării", 26 Oct. 1950, Ed. P.M.R.

combinate cu nevoia de regularizare a navigației și a altor folosințe hidrotehnice, a condus la realizarea de lucrări din ce în ce mai importante, culminând, cum s'a arătat precedent, cu uzine hidroelectrice gigantice din U.R.S.S., uzine care fac parte din amenajări complexe cu o gamă întreagă de folosințe.

In acest fel, desvoltându-se din ce în ce mai mult această grupă, se poate formula rolul multiplu al uzinelor fluviale, care reprezintă :

— Sursă de energie hidroelectrică, concentrată și mult mai puternică decât a altor grupe de amenajări hidroenergetice. Aceasta se datorește faptului că deși căderea folosită este limitată la uzine baraj tip fluvial la $H_2 = 10-30$ m, debitul instalat Q_i este de ordinul a mai multor mii de m³/s, așa că puterea la bornele generatorilor $P_i = 9{,}81\ Q_i\ H_i\ \eta_i$ (kW), rezultă de sute mii sau chiar milioane kW ;

— Eftinirea energiei electrice, provenită din faptul că uzinele fluviale de mari puteri și producții sunt concentrate constructiv în puține lucrări, transversale fluviului (baraj, centrală, ecluze), deci conduc la investiții specifice $i = \frac{J}{P_i}$ (lei/kW) și la prețuri de cost a energiei $p = \frac{A}{E}$ (lei/kWh) mult mai mici ca la alte uzini.

Făcând o statistică în această privință se constată că în mijlociu prețul energiei provenite din uzine fluviale respectiv din uzine hidroelectrice de bază, hidroelectrice de vârf și centrale termoelectrice, se raportă aproximativ ca 1 : 1,5 : 2 : 4.

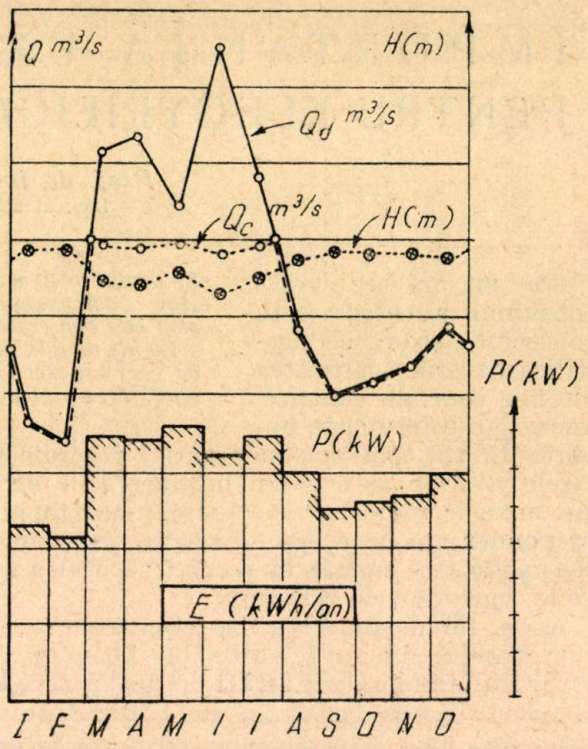


Fig. 2. Aplicație : Planul de exploatare al uzinei A din fig. 1.

Cum producția uzinelor fluviale E (kWh/an) este covârșitor de mare față de celelalte grupe luate în parte, este evident că media ponderată a prețului energiei va scade mult realizând importante uzine fluviale.

— Regimul debitelor puterilor uzinelor fluviale este deosebit de acela ale uzinelor de bază și de vârf (fig. 1, 2) și prin punerea în paralel electric se realizează o compensare energetică foarte favorabilă.

— Se rezolvă integral, tehnic și economic just, problema navigației cu mare trafic și pentru vase de mare tonaj, așa cum rezultă din exemplul dat mai jos. Amenajarea prin baraje în trepte a unui lanț de lacuri fluviale, realizează adâncimi suficient de mari pentru pescajul necesar vaselor de tonaj mare.

— Se ușurează construcția de canale de na-

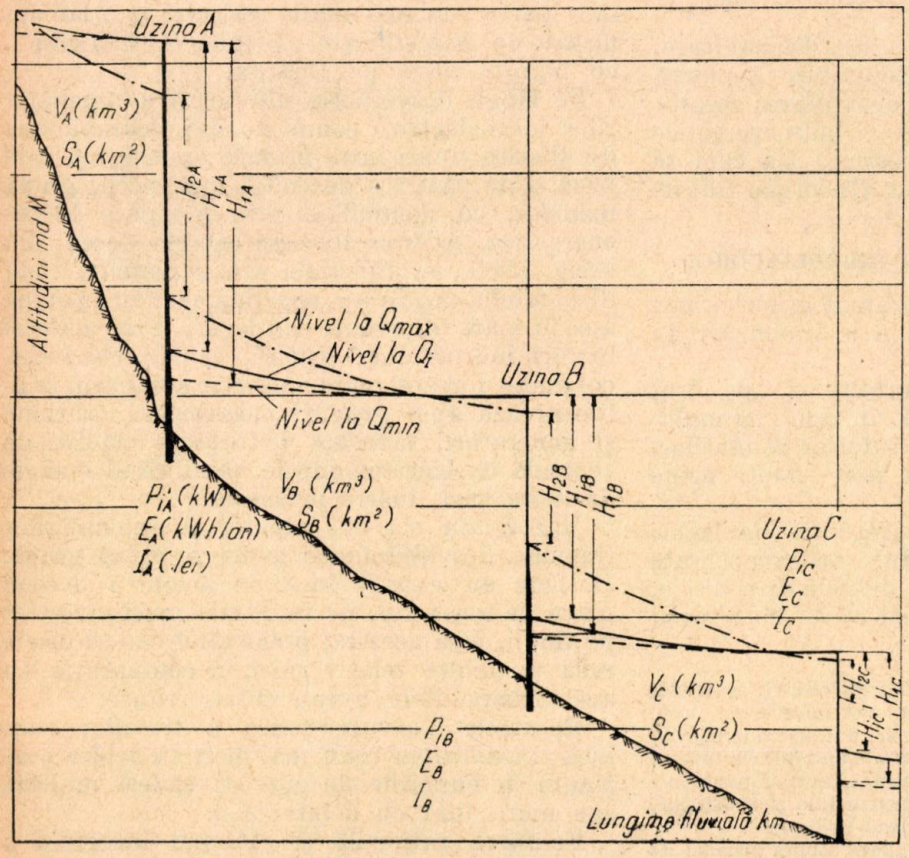


Fig. 1. Aplicație la o schemă fluvială oarecare.

vigație interioare, în legătură cu fluviul amenajat.

— Prin realizarea lanțului de lacuri în trepte, se crează condiții de desvoltarea pisciculturii intense pe fluvii.

— Asigurându-se energia eftină și lacuri pe întinderi foarte mari, se dă posibilitatea instalării de numeroase stații de pompare de apă pe marginile lacurilor, pentru irigarea teraselor limitrofe, situate la câteva zeci de metri peste nivelul lacurilor fluviale.

— Prin felul construcțiilor hidrotehnice a uzinelor tip baraj fluvial, se rezolvă simultan și problema căilor de comunicații de cale ferată și șosele peste fluvii, evitând astfel construcțiile de poduri speciale.

— Se atenuează regimul hidrografic al fluviilor, anume se reduc debitele de inundații periodice ca și cele catastrofale, în schimb se măresc debitele minime în epocile de secetă, de durată nu prea lungă, prin golirea parțială a lacurilor fluviale.

EXEMPLU DE SCHEMĂ DE AMENAJARE FLUVIALĂ COMPLEXĂ

Schemă de amenajare fluvială din figura 1, care nu reprezintă lucrări realizate, ci numai o aplicație numerică, ilustrează mai bine rolul și importanța acestor lucrări, la care se insistă aici mai mult asupra laturei hidroenergetice.

Debitul modul mediu pe o epocă de lungă durată să fie în partea amonte a schemei de de Q_{mA} m³/s. iar în partea de mijloc și aval Q_{mB} și Q_c m³/s. Din calculele nereproduse aici, rezultă debitul instalat economic la Uzina *I* amonte.

$$Q_{iA} = 1,\ 1\ Q_{mA} \text{ la II și III } Q_i = 1,28\ Q_m$$

Căderile H variază cu debitul disponibil Q_d după cum se arată în figura 1 pentru H_i la Q_i, H_1 la Q_{min} și H_2 la Q_{max}, ținând seama de unitățile gigantice, cu rotorul turbinelor de 9 m diametru, randamentul global la plină sarcină este la agregate fluviale mari de $\eta_t = 0,89 \cdot 0,96 = 0,854$.

Astfel rezultă puterile instalate $P_i = 9,81\, Q_i H_i \eta_t$ (kW), indicate pe figura 1 și producțiile în anul normal obținute din $E = \int_0^{8760} P\ dt$ (kWh/an), conform diagramei (fig. 2). Ansamblul de 3 uzini reprezintă P_i = kW și *E* miliarde kWh/an.

Prin construcția unor asemenea uzine baraj, se creează lacuri de volume și suprafețe excepțional de mari *V* miliarde m³ și *S* km².

Investițiile arătate pe fig. 1 *J* miliarde lei, permit calculul cheltuelilor anuale directe și indirecte $A \simeq 0,04\ J$ miliarde lei/an.

Astfel prețul de cost al energiei $p = \frac{A}{E}$ lei/kWh, rezultă ca cifră medie pentru întreaga schemă, foarte economic.

Observând enumerarea rolurilor uzinelor hidroelectrice fluviale, din capitolul precedent, se constată următoarele:

Puterea și producția uzinelor fluviale este excepțional de mare față de alte grupe de uzine hidroelectrice, sau centrale termoelectrice. Prețul de cost rezultă de circa 3 ori mai ieftin ca energia hidroelectrică obișnuită și de circa 5 ori mai ieftin decât energia termoelectrică.

Regimul de funcționarea schițat în figura *2* pentru anul normal pentru uzina *A* din schemă, arată curba debitelor disponibile Q_d a debitelor consumate $Q_c = Q_i \sqrt{\frac{H}{H_i}}$ de cele 10 turbine fiecare de 200 000 CP, căderea H depinzând de Q_d și puterea *P* kW fiind funcție de timp.

Dacă se face o comparație a debitelor disponibile Q_d, a debitelor consumate Q_c și a formei curbei puterii *P* din figura 2, cu acelea ale unei uzine de bază (fig. 3), sau a uzinei de vârf

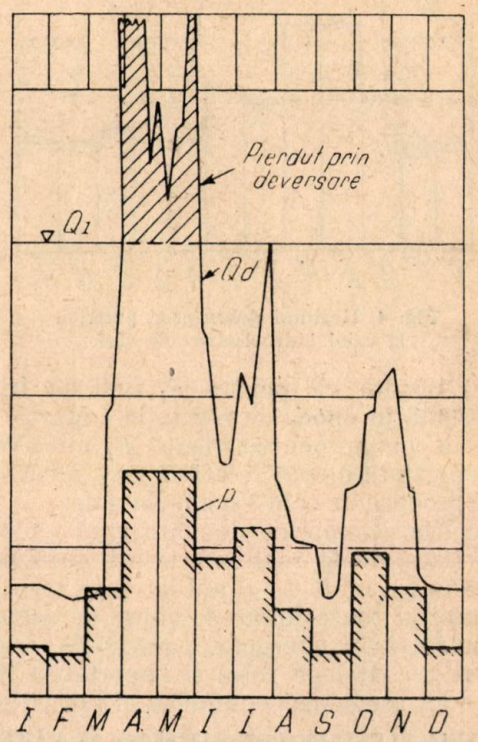


Fig. 3. Regimul debitelor disponibile Qd și puterilor P, la uzina de bază.

cu lac de acumulare cu retenție de ex. sezonieră (fig. *4*) se vede că uzinele fluviale au un regim de puteri mult mai echilibrat și mai favorabil decât al uzinelor de bază, în schimb nu este chiar așa de compensat ca la uzinele cu acumulare, cum este firesc. Lucrând în paralel asemenea 3 sisteme hidroenergetice deosebite, se obține o curbă totală $P = f(t)$ bine echilibrată. Funcționarea în paralel permite o mai bună exploatare energetică a fiecărei grupe în parte, căci există o compensare naturală a regimului puterilor.

Navigația se rezolvă favorabil, deoarece pe lacurile arătate în schemă, se realizează pescaje de navigație pentru vase de mare tonaj. Trecerea vaselor dela o treaptă la cealaltă se face prin ecluze, calculate la traficul necesar și la tonajul respectiv gabaritele vaselor.

Instalând staţii de pompare pe malurile lacurilor şi calculând înălţimea medie de refulare

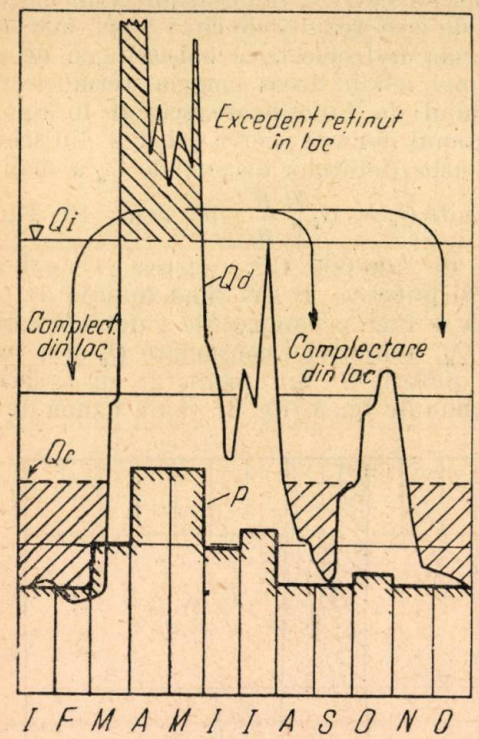


Fig. 4. Regimul debitelor şi puterilor la uzini hidroelectrice de vârf.

H (m) rezultă că pentru S_t; mil ha irigate, se consumă în epoca de vegetaţie 1 Martie — 31 August o energie pentru irigaţii E_t mil kWh/an care reprezintă o cotă relativ foarte mică din energia produsă de cele 3 uzine fluviale.

Calculele economice demonstrează că supraproducţia agricolă realizată prin irigaţii, amortizează în cel mult 4—6 ani întreaga instalaţie.

Insumând toate foloasele aduse de asemenea scheme fluviale, energetice, navigaţie, irigaţie, pescărit, se înţelege rolul şi importanţa deosebită ce au asemenea complexe hidroenergetice.

UZINELE FLUVIALE POT SATISFACE ŞI VÂRFURI ENERGETICE

Mai înainte, aceste amenajări fluviale se considerau ca uzine de bază, care nu puteau satisface vârfurile de sarcină, deoarece produceau numai puterea corespunzătoare debitului natural pe fluviu.

In U.R.S.S. se realizează scheme fluviale în cascadă pe Volga, Kama, Angara, etc., la care nivelul amonte este coborît şi urcat pulsator în funcţie de cerinţele de sarcină. Aceste uzine pot funcţiona cu vârfuri de durată scurtă. Când însă lacurile fluviale sunt vaste şi cumulează multe zeci sau sute miliarde m³, o pulsaţie mică a nivelului, produce energii de vârf considerabile. Această proprietate a uzinelor fluviale este deosebit de importantă, deoarece la orice defecte, întreruperi de durată chiar de mai multe zile ale altor surse energetice, în special a centralelor termoelectrice, pot fi preluate sarcinile instantanee de uzinele fluviale.

Pentru a ne da seama de proporţiile fenomenului de funcţionare cu vârfuri de sarcină, analizăm din schema (fig. 1), de exemplu uzina B.

La suprafaţa lacului S_B km², coborîrea nivelului cu 1 m dă un volum V miliarde m³. Să alegem cea mai desavantajoasă situaţie, când pe fluviu avem debitul minim Q_{min} (m³/s) şi uzina să fie nevoită a produce puterea în plin, corespunzând debitului instalat Q_i (m³/s). In acest caz lacul trebue să dea diferenţa $Q_i - Q_{min}$ m³/s, timp de T ore. Uzina poate da chiar în epoca de debite minime puterea maximă P_i mil. kW, golind lacul cu 1 m timp de câteva zile şi între timp se pot repara defectele în uzinele care au declanşat.

Dacă trebue acoperite numai vârfurile zilnice, avem nevoie de un volum golit suplimentar numai de 25% din cantitatea de apă pe zi, adică 0,25. Q_{min} (m³/s). 86 400 (s/zi). Pulsaţia cu acest volum corespunde la lacul uzinei B din schema figura 1, care are suprafaţa s km², unei pulsaţii a nivelului amonte numai cu rotund 0,02 m.

Formele constructive ale uzinelor fluviale sunt foarte variate, dar putem distinge câteva grupe mari :

— Uzinele fluviale cu construcţii aeriene, soluţie clasică până acum :

— Tipuri cu construcţia centralei semi-aeriană, cu generatorii electrici aerian cu carcase de protectii speciale.

— Uzine submersibile, deversând apa peste corpul centralei, dar turbinele şi generatorii de tip clasic sunt introduşi în interiorul corpului deversor.

— Uzine submersibile însă cu grupuri electrogene speciale, la care rotorul hidraulic învârteşte rotorul electric, solidar concentric, întreaga instalaţie fiind introdusă într'o trompă specială cu ax orizontal, sau oblic.

— Diferite tipuri mixte, de forme foarte diferite, în funcţie de condiţiile locale.

Bibliografie

1. *Dorin Pavel*: Aplicaţie hidrotehnică la uzinele fluviale Hidrotehnica Nr. 8/1951.
„ Studiul turbinelor pentru uzine fluviale, Hidroenergetica Nr. 9/1951.
„ Hidroenergetica generală. Ed. Tehnică 1951.
2. *A. A. Morozov*: Utilizarea energiei hidraulice, traducere Ed. Tehnică, 1952.

★

ЗНАЧЕНИЕ РЕЧНЫХ ГЭС

Резюме

Указывается роль и значение речных ГЭС и на основании примеров находится что это самые экономные и мощные источники энергии, что они могут работать как пиковые станции, как доказывают гигантские речные гидроэлектрические сооружения СССР.

III. **Aplicarea metodei.** In cele ce urmează sunt expuse câteva probleme ce se pot rezolva folosind diagramele întocmite.

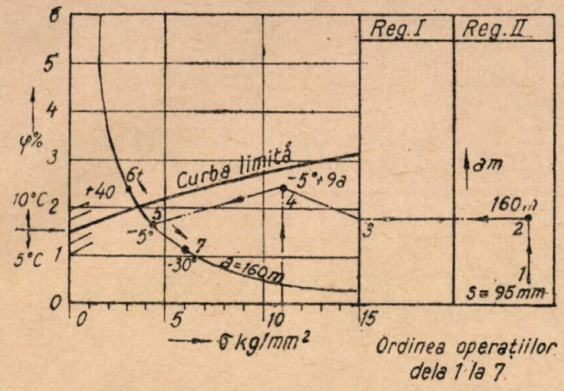


Fig. 4

Atragem în special atenția asupra următorului detaliu, de care trebuie ținut seama neapărat și anume :

Pe fiecare diagramă, parabolele echidistante împart câmpul de lucru în două regiuni distincte :

Partea inferioară, unde distanțele între curbe este corespunzător lui α *Et* pentru o distanță de temperatură de 5°C, iar pe partea superioară la o distanță corespunzătoare unei diferențe de temperaturi de 10°C, după cum este dealtfel indicat pe marginea din stânga a abacei.

Limita între cele două regiuni este marcată printr'o linie mai groasă.

Problema 1. Determinarea săgeții și a efortului specific în conductor, în funcție de :

— regiunea meteorologică ;
— secțiunea conductorului ;
— deschiderea panoului ;
— efortul maxim *ka* — 5°C cu chiciură și vânt ;
— temperatura aerului dela —30°C la +40°C.

Rezolvarea problemei 1 se face în modul indicat pe figura 4.

Problema 2. Determinarea secțiunii conductorului în funcție de :

— săgeata admisă la o anumită temperatură
— efortul maxim admis în conductor.

In mod analitic, soluționarea acestei probleme ar necesita rezolvarea celor două ecuații de gradul al treilea în funcție de deschiderea panoului.

Cu ajutorul graficelor, printr'o simplă citire, găsim imediat secțiunea căutată.

Modul cum se determină secțiunile se poate urmări pe diagrama conductorului de oțel, în modul indicat în figura 5.

Problema 3. Determinarea deschiderilor maxime, la care săgeata conductorilor nu depășește o anumită valoare φ% la —5°, cu chiciură și vânt pentru un efort maxim σ_{max} dat.

Mersul calculului se poate urmări pe diagrama conductorilor de aluminiu în modul indicat pe figura 6.

Problema 4. Determinarea efortului maxim la temperatura —5°C cu chiciură și vânt, pentru o săgeată dată.

Calculul analitic necesită și aici rezolvarea celor două ecuații de gradul trei, în funcție de σ.

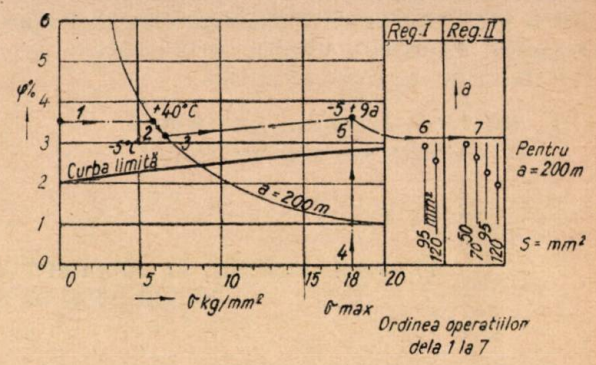


Fig. 5

Modul cum se poate ajunge la rezultat, se poate urmări pe diagrama conductorului în modul indicat pe figura 7.

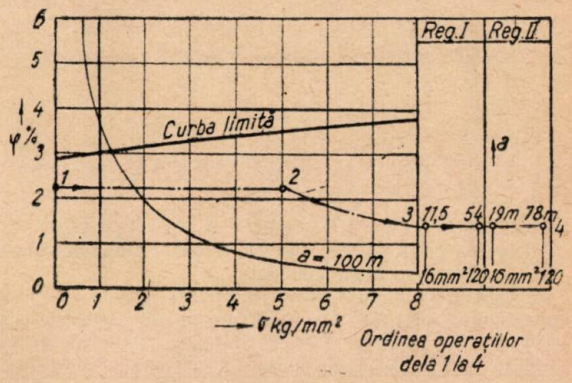


Fig. 6

Problema 5. Determinarea săgeții și efortului maxim în conductorii de protecție (firul de gardă) din oțel zincat — care au în general secțiuni inferioare conductorilor activi — în așa

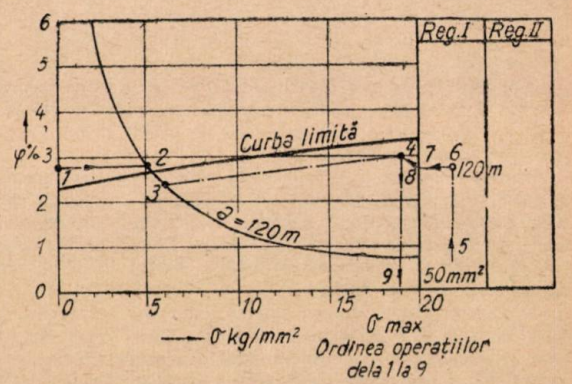


Fig. 7

fel ca la temperatura de +40°C sau —5°C cu chiciură și vânt, efortul maxim să nu depășească efortul admis pentru oțel.

Și această problemă se poate rezolva cu ajutorul diagramei conductorilor de oțel, în funcție

de săgeţile conductorilor activi în modul indicat în problema 4.

IV. **Concluzii generale.** Analizând rezultatele, la care duce utilizarea metodei grafice în rezolvarea problemelor de conductori, în proiectarea reţelelor electrice, rezultă următoarele avantaje faţă de metoda analitică :

1. Scurtarea timpului de lucru.
2. Înlăturarea erorilor de calcul.
3. Rezolvarea directă a unor probleme care — analitic — nu pot fi rezolvate decât prin tatonări.
4. Posibilitatea generalizării rezultatelor obţinute pentru fiecare categorie de conductori.
5. Posibilitatea întocmirii cu multă uşurinţă a tabelelor de săgeţi şi de eforturi specifice în conductori.
6. Posibilitatea verificării de către executant a tabelelor date de proiectant.

★

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД МЕХАНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКРОПЕРЕДАЧИ СВЫШЕ 1000 в.

Резюме

В статье дополняется метод Трукса графического решения уравнения равновесия, входящего в механический расчет воздушных линий электропередачи. Сделанное дополнение помогает при грифическом решении всех вопросов касающихся механического расчета проводов в различных предположениях, для всех сечений и всех общепринятых материалов при производстве проводов и оно согласованно с действующими нормами в Р.Н Р.

DOCUMENTARE

RECENZIE

GLAZUNOV A. A., GLAZUNOV A.A., ROZANOV G.M. : Culegerea de probleme privind reţelele sistemelor electrice, GEI, Moscova, 1953, 160 pag.

In cadrul disciplinelor de specialitate, paralel cu însuşirea materialului teoretic, se pune problema aplicării acestor cunoştinţe în diferite cazuri practice. Rezolvarea acestor aplicaţii este utilă atât pentru precizarea şi aprofundarea cunoştinţelor teoretice, cât şi pentrucă creează o adevărată şcoală a inginerilor, făcând ca în cadrul activităţii lor să găsească soluţiile cele mai juste. Consideraţiunile menţionate se aplică în mod deosebit în cazul problemelor de reţele şi sisteme electrice, ce se caracterizează prin varietatea soluţiilor lor.

Din acest punct de vedere „Culegerea de probleme privind reţelele sistemelor electrice" de A.A. Glazunov, A.A. Glazunov şi G. M. Rozanov, apărută la GEI, în anul 1953, reprezintă o lucrare deosebit de utilă, în primul rând pentru studenţii facultăţilor electroenergetice, cât şi personalului tehnico-ingineresc în general, ce se ocupă cu aceste probleme.

Culegerea de probleme cuprinde trei părţi. In prima parte se dau enunţările problemelor, în partea a doua răspunsurile lor şi rezolvările problemelor mai importante, iar partea a treia — anexele — conţine o serie de tabele şi date de calcul necesare rezolvării problemelor.

Primele două părţi se împart în câte 10 capitole corespunzătoare diferitelor categorii de probleme. Alegerea capitolelor a fost făcută după un plan sistematic, ceeace permite trecerea treptată dela un gen de probleme mai uşoare la probleme din ce în ce mai complexe. Astfel, în primele două capitole (capitolul introductiv şi capitolul întâi) se dau problemele tratând determinarea impedanţelor şi admitanţelor la linii şi transformatori, cum şi încălzirea conductorilor şi a cablurilor, ca în capitolele următoare (II...V) să se determine pierderile de tensiune şi determinarea secţiunii conductorilor pentru diferite categorii de reţele. Capitolul VI se referă la reglarea tensiunii în reţelele electrice, iar capitolele VII şi VIII cuprind problemele tratând pierderile de puteri şi energie, precum şi reducerea acestor pierderi ; ultimul capitol conţine probleme din domeniul părţii mecanice a liniilor electrice Faptul că pentru o bună parte a problemelor se dau şi rezolvările respective, face ca culegerea de probleme să capete caracterul unui manual, putând fi folosită şi în afara cadrului unei instituţii de învăţământ.

Însăşi culegerea problemelor este bine alcătuită, strâns legată de problemele întâlnite în practică.

Clasificarea problemelor şi a figurilor se face după sistemul zecimal (prima cifră a problemei reprezintă capitolul respectiv, iar următoarele două, numărul problemei), ceeace permite găsirea uşoară a răspunsurilor la diferite probleme.

Este necesară însă să se menţioneze că culegerea de probleme nu cuprinde decât probleme din domeniul reţelelor electrice şi nu din domeniul sistemelor electrice ; în consecinţă lipsesc problemele de scurtcircuite, stabilitate, etc. ce se tratează la noi în cadrul aceluiaşi curs. Deasemenea, partea mecanică a liniilor aeriene este foarte redusă (cuprinde numai 12 probleme), netratând deloc unele capitole importante din domeniul cursului de reţele electrice, cum ar fi calculul suporţilor metalici. Această limitare a domeniului culegerii de probleme se explică prin faptul că în instituţiile de învăţământ superior din U.R.S.S. există o specializare mult mai adâncă ca la noi.

Este însă de menţionat faptul că se foloseşte prea puţin metoda grafică de rezolvare a problemelor, mai ales la studiul variaţiilor de tensiune pentru diferite regimuri de funcţionare cum şi faptul că în cadrul problemelor de reţele nu se tratează regimurile nesimetrice (doi conductori pământ, derivaţiile monofazate, etc.). Insfârşit este necesar să se menţioneze că lucrarea cuprinde o serie de greşeli de tipar, nespecificate în erată (astfel, în pag. 53, notaţiile din text nu corespund exact cu cele din figură ; în pag. 100, este scris KVAr în loc de kW, etc.).

Toate aceste lipsuri nu sunt esenţiale şi nu scad din valoarea culegerii de probleme, ce rămâne o lucrare preţioasă şi utilă tuturor acelora ce se ocupă cu problemele de reţele electrice.

Ing. *G. Drăgan*

INSTITUTUL DE STUDII ROMÂNO-SOVIETIC, SPRIJIN AL SPECIALIȘTILOR IN ENERGETICĂ

Răspândind în masele largi de cercetători, profesori, ingineri, tehnicieni și studenți, știința înaintată sovietică, Institutul de Studii Româno-Sovietic constituie un ajutor în munca de documentare științifică a constructorilor socialismului în Patria noastră.

Victoriile câștigate de poporul nostru muncitor sub conducerea Partidului Muncitoresc Român, au făcut posibil ca Republica Populară Română să pornească la electrificarea țării, realizând astfel una din condițiile principale ale creării unei industrii puternice înaintate, factor hotărîtor în construirea socialismului. Desvoltarea acestei industrii, crearea bazelor energetice, valorificarea tuturor resurselor energetice, pune în fața oamenilor muncii sarcini măreți. Indeplinirea acestor sarcini necesită în primul rând un studiu complex și o îmbinare armonioasă a eforturilor cercetătorilor, inginerilor, tehnicienilor și muncitorilor.

Bazată pe un fundament teoretic profund, experiența sovietică în domeniul energeticei este de un neprețuit folos acelora care lucrează în acest domeniu. Știința sovietică, continuatoarea tradițiilor glorioasei științe ruse, este astăzi deschizătoare de drumuri noi, prioritatea ei în cele mai multe domenii ale tehnicei moderne fiind de netăgăduit. Țările din lagărul socialismului necesită tehnica cea mai avansată, aceasta constituind o premiză a satisfacerii maxime a nevoilor materiale și culturale, mereu crescânde ale întregii societăți. Datorită acestor considerente, activitatea Institutului de Studii Româno-Sovietic este prețioasă și roadele ei se pot vedea în diferite domenii.

In domeniul energeticei, activitatea Institutului de Studii Româno-Sovietic, strâns legată de nevoile Institutelor de Cercetări, a Institutelor Departamentale, a Intreprinderilor și a Invățământului superior, a fost bogată. Această activitate a fost purtată pe mai multe căi: traduceri, publicații tipărite și litografiate, conferințe, fișe bibliografice, fișe rezumative ș.a.m.d.

In Secția de Traduceri a Institutului, unde se traduc lunar mii de pagini din literatura tehnică de specialitate în nenumărate domenii de activitate științifică și tehnică (articole tratând probleme teoretice și practice, cărți, manuale), se prevede traducerea anuală a 20.000 pagini dactilografiate din domeniul energeticei și electricității.

Traducerile se efectuează la cererea Institutelor de Cercetări Științifice, a Ministerelor, a întreprinderilor și a catedrelor universitare. Dintre lucrările de dimensiuni mai mari traduse în acest interval, menționăm următoarele cărți: V. A. Chișilin, „Termotehnica Experimentală", M. P. Costenco, „Mașini Electrice"; Cnorre: „Procese de ardere în focare"; Miheev; „Bazele transmisiei căldurii".

In domeniul publicațiilor, problemele de energetică au avut un loc de frunte. Astfel, în seria Tehnică a Bibliotecii Analelor Româno-Sovietice, care publică culegeri de traduceri consacrate unei anumite probleme dintr'o revistă de specialitate sovietică, au apărut și sunt în curs de apariție o serie de caiete tratând probleme de energetică.

In Seria Tehnică a Bibliotecii Analelor Româno-Sovietice, care publică material documentar de un nivel superior, adresându-se inginerilor și proiectanților, a apărut — în cadrul caietului „Cercetări sovietice privind probleme de exploatarea și valorificarea combustibililor fosili inferiori" — o serie de articole printre care menționăm: I. V. Verachin: „Conferința despre arderea turbei în bucăți și a turbei frezate în focarele instalațiilor industriale", articole privind problema înnobilării cărbunilor de M. F. Ortin, A. P. Zimin și I. M. Obuhovschi, articolul lui I. I. Danieleneo, „Exploatarea arzătoarelor cu antecameră", etc.

Intr'un volum consacrat special problemelor de energetică (Nr. 15) „Probleme de cercetări și energetică", apar o serie de studii de specialitate de un înalt nivel teoretic. Acest volum tratează și importanta problemă a termoficării, care a cunoscut o desvoltare deosebită în Uniunea Sovietică, unde condițiile create de victoria socialismului au permis punerea în aplicare a unor sisteme de exploatare industriale complexe, inaccesibile țărilor capitaliste.

Dintre articole citâm L. A. Melentiev — „Metodica alegerii tipului optim de instalație industrială termică și de forță", V. N. Carpinschi — „Exploatarea centralelor electrice cu comandă automată a proceselor termice", V. B. Paeșver — „Incălzirea la distanță a orașelor", S. D. Volobrinschi — „Problema metodicii determinării sarcinii electrice a intreprinderilor industriale", L. A. Melentiev — „Metodele de construcție și reglare a sistemelor de termoficare industrială", articolul lui V. T. Hasilev și P. C. Leontieva — „Funcționarea în paralel a centralelor de termoficare în cazul racordării independente a instalațiilor de încălzire. B. I. Ghenchin — „Folosirea aburului întrebuințat de întreprinderile industriale în sistemele de termoficare", etc.

In cadrul Secției de Studii și Documentare, s'au ținut în intervalul 1 Ianuarie—30 Iunie 1953, trei conferințe din domeniul energeticei. Conferințele Institutului atrăgând un auditoriu din ce în ce mai numeros și mai variat, își ating pe deplin scopul propus de informare cu date concrete din domeniul științei sovietice teoretice și aplicate.

In munca de redactare a conferințelor, sunt atrași profesori și ingineri. Conferințele au tratat probleme legate de experiența Uniunii Sovietice în domeniul electrificării, probleme puse de teoria și practica semiconductorilor, problemele utilizării meselor de calcul electrice la studiul stabilității sistemelor energetice ș.a.m.d.

Dintre aceste conferințe, citâm expunerea academicianului I. S. Gheorghiu cu tema „Giganticele construcții de electrificare din U.R.S.S în lumina documentelor celui de-al XIX-lea Congres al P. C. U. S.., conferința Ing. E. Potolea: „Metode sovietice de studiu a sistemelor energetice cu ajutorul mesei de calcul", precum și expunerea Ing. A. A. Arie „Cercetările și soluțiile sovietice în problema stabilității sistemelor energetice".

In cadrul Secției de Studii și Documentare a Institutului, colective științifice de specialitate reedactează fișe rezumative ale tuturor articolelor apărute în publicațiile sovietice. Fișele rezumative pun la dispoziția cititorilor o trecere în revistă succintă a problemelor studiate în respectivele articole, precum și prezentarea soluțiilor indicate. Astfel. se fișează complect revistele „Energheticeschih Biulleten", „Ghidrotehniceseoe stroitelstvo", etc. Fișele reprezintă un mijloc eficace de informare și de sistematizare a materialului, ele redând esențialul articolului.

Tendința actuală este ca aceste fișe rezumative să fie înlocuite de reviste de referate pe specialități. Fișele rezumative din periodicele sovietice se litografiază în 100—300 exemplare și sunt expediate institutelor și întreprinderilor care sunt abonate. In acest fel, oamenii de știință din institutele de cercetări, proiectanții, inginerii din uzine, profesorii și studenții iau cunoștință de materialul sovietic sosit în țară și se pot orienta în alegerea bibliografiei pentru problemele care-i interesează.

In aceeași secție a Institutului, se întocmesc repertorii bibliografice periodice pe specialități, a materialului sovietic sosit la I.S.R.S. In prima jumătate a anului 1953, au apărut: 1 Caiet din repertoriul „Construcții hidrotehnice", care apare de două ori pe an și două caiete din repertoriul „Probleme de electrificare", care apare de patru ori pe an. In aceste repertorii se dau titlurile cărților și articolelor sosite — pe specialități — menționându-se și dacă aceste articole sunt traduse. Incepând cu Nr. 3 al anului 1953, repertoriile conțin un rezumat în câteva rânduri al articolului. Aceste repertorii litografiate se trimit la cerere tuturor instituțiilor interesate.

Colectivele de specialiști ale Secției de Studii și Documentare întocmesc deasemenea, la cerere, bibliografii care prezintă materialul sovietic (cărți și articole de revistă apărute în domeniul sau problema respectivă).

In Biblioteca Institutului de Studii Româno-Sovietic, se găsește un bogat material constând în periodice și cărți în domeniul energeticei și electricității. Pe lângă Bibliotecă funcționează un serviciu de împrumut pentru traduceri, reviste și cărți sovietice.

Intreaga activitate a Institutului de Studii Româno-Sovietic constituie un factor important pentru ridicarea nivelului științei și tehnicei în Patria noastră.

LUCRĂRI TEHNICE INTRATE ÎN BIBLIOTECA I.D.T.

Petrosian, C. A. : Metoda sovietică de industrializare. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. de Stat pentru Literatura Ştiinţifică, 1953, 292 p.

Nefedov, G. A. : Sarcinile de bază ale aprovizionării tehnico-materiale a întreprinderilor industriale. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. de Stat pentru Literatura Ştiinţifică, 1953, 36 p.).

Konakov, D. M. : Organizarea salariului şi a normării muncii în industria U.R.S.S. (Organizaţia zarabotnoi platî i normirovania truda v promîşlennosti SSSR). Moscova, Gospolitizdat, 1953, 48 p.

Nistor, N. : Spre noi succese în lupta pentru o înaltă productivitate a muncii. Bucureşti, Edit. Consiliului Central al Sindicatelor, 1953, 45 p.

Zavadskaia, P. şi *Baranovskaia, C.* : Experienţa noastră în lupta pentru economii. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Consiliului Central al Sindicatelor, 75 p.

Şciapov, N. M. : Alegerea turbinelor hidraulice pentru centralele hidroelectrice. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 104 p., 83 fig., ref. bibliografice.

Gorenstein, V. M. : Repartiţia optimă a sarcinilor pe centralele electrice interconectate. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 250 p., div. fig., ref. bibliografice.

Grudinskii, P. G. : Exploatarea tehnică a centralelor şi staţiilor electrice. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 283 p., 204 fig.

Goldenberg, G. M. : Centralele hidroelectrice cu acumulare. (Ghidroakkumuliruiuşcie elektriceskie stanţii). Moscova, Gosenergoizdat, 1953, 128 p., 60 fig.

Instalaţiile de turbine ale centralelor hidroelectrice. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 146 p., 181 fig.

Dub, B. I. : Reparaţia rapidă a instalaţiilor din centralele termice de forţă. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 137 p., 39 fig.

Laskin, M. N. : Calcule economice la centralele termoelectrice. (Hozeistvennîi rasceot na teplovîh elektriceskih stanţiah). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1953, 104 p.

Instrucţiuni provizorii pentru securitatea şi igiena muncii în secţii termice ale uzinelor electrice şi reţelele conductelor termice. (Tymoszasowe przepisy bezpiecznstwa i higieny pracy dla dzialow cieplnych elktrowni i sieci przewodow cieplnych). Varşovia, P.W.T., 1952, 119 p., 25 fig.

Belinski, S. I. Termoficarea şi centralele electrice de termoficare. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 84 p., 30 fig.

Karaulov, N. A. şi *Rosievski, G. I.* : Cum este construită o centrală electrică rurală. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 64 p., 18 fig., ref. bibliografice.

Lipunov, B. V. : Turbine cu gaze. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 109 p., 24 fig.

Rozsa Bela : Turbinele cu abur şi hidraulice şi ungerea lor. (Goz-es vizturbinak ismertetese es kenese). Budapesta, Nehezipari Konyv Vallalat, 1951, 41 p., div. fig.

Svercicov, A. N. : Repararea şi punerea la punct a turbinelor de abur. (Traducere din limba rusă), Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 406 p., div. fig.

Sorin, S. N. : Instalaţii de cazane. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 224 p., div. fig.

Sreter, V. T. : Cazane de abur. Vol. I. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 391 p., 245 fig.

Svercicov, A. N. : Repararea lagărelor axiale şi radiale ale turbinelor cu abur. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 114 p., 42 fig.

Mikulski, C. : Cazane de abur. (Kotly parowe/Wytwornice pary), Varşovia, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1952, 480 p., 267 fig.

Kiselev, P. I. : Etanşarea armăturilor de înaltă presiune. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 87 p., 34 fig.

Silnitkii, A. K. : Cauzele şi metodele de remediere ale randamentelor slabe ale agregatelor de cazane. (Nedostatocinaia paroproizvoditelnosti kateolnîh. Pricinî i sposobî ustranenia). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1953, 144 p., 85 fig.

Lahanin, V. V. : Cazane de abur navale. (Sudovîe parovîe kotlî). Ed. 2. Moscova-Leningrad, „Morskoi Transport", 1952, 496 p., 267 fig.

Gurvici, S. M. şi *Şapkin, I. F.* : Călăuza pentru tratarea apei de alimentare la cazanele industriale de joasă presiune. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 63 p., 32 fig.

Nicoşina, M. A. : Prelucrarea termică a apei de alimentare în interiorul cazanului. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1953, 69 p., div. fig.

Orlin, A. S. : Motoare uşoare în doi timpi. (Konnyu ketutemu motorok). (Traducere din limba rusă în limba maghiară). Budapesta, Nehezipari Konyv Vallalat 1952, 287 p., div. fig.

TRADUCERI DE LUCRĂRI TEHNICE EFECTUATE DE I.D.T.

Cabinetele tehnice în întrecere socialistă. Erfindungs und Vorschlagswesen, R.D.G., 1952, Nr. 12 (Dec.), 321. (Dos. 21.195, 3 p.).

Assbury, E. : *Cum trebue condusă biblioteca de specialitate într'o întreprindere industrială.* Varşovia, 1952 (Dos. 19.991, 117 p.).

Gherjula, B. I. : *Ridicarea şi întocmirea planului general al unei întreprinderi.* Moscova, 1952. (Dos. 20.185, 97 p., 52 fig.).

Sarcinile de instructaj ale comisiei pentru protecţia şi tehnica securităţii muncii. Bezp. Hyg. Prace, 1952, Nr. 8 (Aug.), 226—229. (Dos. 21.726, 9 p.).

Instruirea inspectorilor de protecţie a muncii în R.D.G. Bezp. Hyg. Prace, 1952, Nr. 10 (Oct.), 310—311. (Dos. 21.583, 5 p.).

Din mişcarea întrecerii socialiste şi pentru raţionalizări. Gosp. Plan., 1952, Nr. 5, 52—54. (Dos. 21.612, 14 p.).

Desvoltarea metodică a propunerilor de inovaţii. Erfindungs und Vorschlagswesen, R.D.G., 1952, Nr. 11 (Nov.), 277—278. (Dos. 21.185, 6 p.).

Abramovici, S. F. : *Turbine navale cu abur.* Cap. Construcţia generală a turbinelor şi a agregatelor turbinii cu angrenaje, p. 145—166. Moscova, 1949. (Dos. 13.463, 17 p., 17 fig.).

Planul şi programul de studii pentru pregătirea ajutorilor de mecanici şi lăcătuşilor de reparaţie pentru turbine cu abur, în şcoli profesionale. (Dos. 21.271, 92 p.).

Motocompresor cu pistoane libere şi înscrierile de utilizare a acestuia la instalaţiile de turbine cu gaz. Przegl. Mechan., 1950, Nr. 7/8, p. 261—266. (Dos. 19.407, 14 p.).

Ghid pentru examinarea, controlul, încercarea şi automatizarea de funcţionare a cazanelor. Cap. XV. Condiţiile de bază pe care trebue să le îndeplinească casele de cazane. (Dos. 13.506, 67 p.).

Exploatarea cazanelor industriale. Budapesta, 1952. (Dos. 21.020, 17 p., 28 fig.).

Bator, Bela: *Industria energiei electrice. Indreptar asupra bunei întreţineri a instalaţiilor şi a reducerii pierderilor de energie.* Budapesta, 1951. (Dos. 20.650, 56 p.).

Proprietăţile uleiurilor folosite în energetică, la temperaturi joase. Elektr. Stanţii, 1952, Nr. 8 (Aug.), 24—27. (Dos. 21.530, 9 p., 4 fig.

Sisteme cu conducte principale pentru distribuţia energiei în reţelele industriale de joasă tensiune. Elektricestvo, 1952, Nr. 2, (Febr.), 17—22. (Dos. 21.893, 16 p.).

TABLA DE MATERII Nr. 1-12/1953

(Editoriale)

(* * *): Avântul energeticei în cincinalele staliniste, **3** (3).
(* * *): 1 Mai — Ziua solidarităţii internaţionale a oamenilor muncii, **5** (1).
(* * *): Măreaţa sărbătoare a eliberării, **8—9** (1).
(* * *): Aniversarea Marei Revoluţii Socialiste din Octombrie, **10** (1).

Albert H.: Aprecierea puterii maxime pentru racordurile introduse pe linii de înaltă tensiune, **3** (18).
Avramescu A.: Repartizarea optimă a sarcinilor pe unităţi energetice interconectate, **12** (14).

Bainglass S.: Resurse energetice secundare în industrie, **1—2** (22).
Bainglass S.: Privire asupra desvoltării hidroenergeticei sovietice, până la marile construcţii ale comunismului, **4** (36).
Bainglass S.: Epurarea gazelor de ardere cu ajutorul electrofiltrelor, **8—9** (70).
Barbu I.: Probleme de încălzire uniformă a cuptoarelor moderne de cocs, **5** (31).
Barbu I.: Noile concepţii sovietice de clasificare a cărbunilor şi aplicarea lor în R.P.R., **10** (13).
Bărglăzan A. Hidroturbine autoregulatoare, **10** (4).
Bensimon A.: Determinarea efectelor periculoase ale inductanţei electrostatice între liniile de funcţiuni diferite pe stâlpi comuni, **1—2** (40).
Blumenfeld M.: Metodă rapidă de calcul pentru recuperarea căldurii la motoarele cu ardere internă, **11** (23).
Boţan N. V.: Sisteme de transport şi distribuţie de energie electrică în curent alternativ, cu utilizarea pământului drept conductor, **8—9** (23).
Budeanu C.: Consideraţiuni generale ştiinţifice asupra problemei factorului de putere în instalaţii electrice, **8—9** (54).

Constantinescu E.: Calculul mecanic al conductorilor în staţiile electrice exterioare, luând în considerare efectul greutăţilor concentrate, **8—9** (33).
Constantinescu I.: Măsura conductivităţii solului, **10** (18).
Constantinescu M.: O metodă nouă de determinarea debitelor maxime, **5** (6).
Culi-Zade C. N.: Compensarea pierderilor de tensiune în liniile electrice de transport cu ajutorul condensatorilor legaţi în serie, **3** (34).

Derigault A.: O soluţie nouă pentru utilizarea energiei eoliene, **8—9** (80).
Dimo P.: Bilanţul energetic al rotorilor în mişcare, principiu general pentru analiza stabilităţii sistemelor energetice, **7** (26).
Dimo P.: Cauza supratensiunilor prelungite în reţelele cu neutru izolat, **11** ( ).
Dinulescu C.: Evitarea avarierii ţevilor fierbătoare şi de ecran la cazanele de abur, **12** (6).
Djafarova M. M.: Compensarea pierderilor de tensiune în liniile electrice de transport cu ajutorul condensatorilor legaţi în serie, **3** (34).
Dorian D.: Probleme de planificare şi organizare la construcţiile de centrale electrice în U.R.S.S., **4** (32).
Drăgan G.: Câteva aspecte ale tehnicei sovietice în construcţia liniilor electrice de transport, **1—2** (27).
Drăgan G.: Folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecţia instalaţiilor electrice, împotriva supratensiunilor atmosferice, **10** (21).

Fodor St.: Exploatarea întreruptorilor pneumatici de înaltă tensiune, **6** (41).

Gheorghiu I. S.: Din activitatea Institutului de Energetică, **11** ( ).
Gheorghiu St.: Termoficarea industrială, **3** (6).
Goldstein M.: O metodă nouă de determinarea debitelor maxime, **5** (6).

Klipp I.: Metoda grafică pentru calculul mecanic al conductorilor liniilor electrice aeriene peste 1 000 V, **12** (25).

Laszlo T.: Determinarea prin calcul a puterii absorbite de o întreprindere industrială **6** (25).

Marcovici L.: Indicii tehnico-economici în industria energiei electrice, **1—2** (53).
Martac D.: Consideraţii asupra regulatorilor de tensiune de tip reostatic cu sectoare mobile, **8—9** (40).
Marcu S.: Conducerea de către dispatcher a unui sistem energetic, **8—9** (66).
Marcus S.: Probleme de arhitectură şi construcţie în proiectarea marilor centrale termoelectrice, **7** (21).
Manea F.: Exemplu de calcul al supratensiunilor prelungite, **11** ( ).
Mateescu C.: Orientări actuale în hidroenergetică, **4** (1).
Mateescu C.: Funcţiuni topografice caracteristice ale barajelor-rezervoare, **12** (1).
Mihăileanu C.: Consideraţiuni asupra unui gen de transformatori cu două tensiuni secundare, **4** (27).
Mihăilcanu C.: Consideraţii asupra regulatorilor de tensiune de tip reostatic cu sectoare mobile, **8—9** (40).
Mihail L.: Perspectivele de desvoltare a energeticei sovietice în viitorul apropiat, **10** (42).
Miklosi C.: Comportarea metalelor în centrale electrice la acţiunea apei şi aburului, **8—9** (12).
Moţoiu C.: Centrale electrice cu motoare Diesel, **7** (7).

Nicogosov S. N.: Principiile de amenajare a reţelelor electrice subterane în medie tensiune, **3** (30).
Nerescu I.: Tendinţe şi realizări în construcţia turbinelor moderne cu abur, **4** (13).

Pavel D.: Importanţa uzinelor fluviale pentru electrificare şi alte folosinţe, **1—2** (7).
Pavel D.: Importanţa energetică a lacurilor de acumulare, **6** (1).
Penescu C.: Dispozitive de telemăsură aplicate la instalaţiile de telecomunicaţii prin curenţi purtători pe linii de transport de energie, **6** (6).
Petrescu Gh.: Aspecte tehnico-economice ale problemei factorului de putere, **3** (22).
Petrescu Gh.: Măsuri tehnico-organizatorice pentru îmbunătăţirea factorului de putere în reţelele electrice, **5** (38).
Petrescu Gh.: Mijloace artificiale de îmbunătăţirea factorului de putere, **7** (32).
Petrescu Gh.: Bazele tehnico-economice ale programului de îmbunătăţire a factorului de putere, **10** (34).

Podani M.: Problemele automatizării centralelor hidroelectrice lucrând în cascadă, **10** (10).
Poeală A. I. și *Poeală N.*: Sisteme de transport și distribuție de energie electrică în curent alternativ cu utilizarea pământului drept conductor, **8—9** (23).
Pololea E.: Supratensiuni de origine internă în rețelele electrice de înaltă tensiune și măsuri de protecție, **11** (33).

Rosenberg G.: Dimensionarea conductelor de condensat la instalațiuni de încălzire cu abur de înaltă presiune, **6** (29).

Saphier I.: Energetica socialistă, **1—2** (3).
Saphier I.: Politica conbustibilului, **8—9** (1).
Saphier I.: Alegerea variantei optime de recuperare a pierderilor de căldură din industrie, **11** (11).
Săndulescu S.: Metodă grafică pentru calculul stabilității statice, **1—2** (45).
Stăncescu I. D.: Termoficarea, **1—2** (11).
Stăncescu I. D.: Îmbinarea organică a energeticei industriale cu energetica locală a regiunei, **11** (7).
Stanisavlievici L.: Depuneri de săruri în turbinele cu abur, **3** (16).
Stein M.: Metodele sovietice în protecția generatorilor, **6** (33).
Stroescu P.: Problema energiei eoliene, **7** (1).
Sinescu A.: Posibilitățile actuale de îmbunătățirea randamentelor termice din siderurgie prin recuperarea pierderilor de căldură, **11** (17).
Solomon I.: Măsurarea rezistenței prizelor de pământ cu puntea de curent continuu, **11** (42).
Szekely L.: Un cărbune de tip BM dih punct de vedere al utilizării lui la combustiune, **12** (11).

Vlădca I.: Teoria și calculul turnurilor de răcire, **5** (11).

Wais G.: Metodă rapidă de calcul pentru recuperarea căldurii la motoarele cu ardere internă, **11** (23).

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească în general 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare. In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face după apariție potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

Tarif pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 anual*

Apărut

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT